



**PROARCA**  
Programa Ambiental Regional para Centroamérica

*Enfoque: Centroamérica*

# Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales

*Por: Doreen Salazar  
PROARCA/SIGMA*

**Coeditores:**

*Víctor Arriaza  
Mario Stanley Cáceres  
Ana Luisa Dueñas  
Joram Gil Laroj  
Carlos Salazar Ortiz*



*Junio 2003*

## ***Agradecimientos***

*Queremos brindar reconocimiento y un agradecimiento especial a las siguientes organizaciones e individuos, los cuales participaron en la revisión de todo o partes de esta guía:*

*Adán Pocasangre, ERIS (Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria), Guatemala*  
*Alfredo Szarata, INFOM (Instituto de Fomento Municipal), Guatemala*  
*Brad Carr, USAID (United States Agency for International Development), El Salvador*  
*Bruce Henry, US-EPA (United States Environmental Protection Agency), USA*  
*Claudia Pamela Altan, FEMICA (Federación de Municipios del Istmo Centroamericano)*  
*Daniel Ruiz O., CARE Nicaragua*  
*Félix Aldin Aguilar Carrera, ERIS (Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria), Guatemala*  
*Ivette M. Morazan, CARE Nicaragua*  
*John Harkins, US-EPA (United States Environmental Protection Agency), USA*  
*Julio Moscoso, CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), Perú*  
*Kara Nelson, University of California, Berkeley, California*  
*Louis Salguero, US-EPA (United States Environmental Protection Agency)*  
*Selma García, CARE El Salvador*  
*Sergio Rolim Mendonça, CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), Peru*  
*Stewart Oakley, Chico State University, California, USA*

### ***Fotos de la portada cortesía de:***

*Foto1, arriba izquierda: Bocas del Toro, Panamá*  
*Ing. Menajem Bessalel*  
*Foto 2: La Unión, El Salvador*  
*Antonio Arreaga*  
*Foto 3: San Juan Talpa, El Salvador*  
*Arq. Julián Monje*  
*Foto 4: Estelí, Nicaragua*  
*Ing. Ivette Morazán*  
*Foto 5: Santa Ana del Norte, El Salvador*  
*Arq. Julián Monje*

### ***Acerca de esta publicación***

*Esta publicación y el trabajo descrito en ella fueron financiados por la **Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)**, a través de **PROARCA/SIGMA**, en apoyo a la agenda de la **Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)**, en el contexto de **CONCAUSA**, la declaración Conjunta entre Centroamérica y Estados Unidos (Miami, octubre de 1994) sobre la conservación del ambiente en Centroamérica.*

*Las opiniones e ideas presentadas aquí no son necesariamente respaldadas por **USAID**, **PROARCA/SIGMA**, o **CCAD**, ni representan sus políticas oficiales.*

## ***Rol de Esta Guía y Referencia a Documentos Complementarios***

Existe una variedad de materiales técnicos para guiar a los que buscan mejorar el manejo de excretas y aguas residuales. ¿Como se diferencia esta guía de estas otras guías? Esta guía esta orientada a gerentes municipales de *Centroamérica*, y los que los asesoran, con un enfoque en la *gestión* del manejo de las excretas y aguas residuales. Este no es un manual de diseño para ingenieros; la información técnica se presenta con el propósito de orientar a los que contratarán a los ingenieros. La guía esta orientada a zonas urbanas de poblaciones entre 5,000 y 100,000 habitantes.

Para encontrar documentos desarrollados para la región Latinoamericana en este tema, recomendamos una búsqueda en el sitio Web del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente: <http://www.cepis.ops-oms.org/>. Esta biblioteca electrónica es un excelente recurso.

Documentos que se pueden encontrar en esta biblioteca que se recomiendan para complementar a esta guía son:

***Manual de disposición de aguas residuales. Origen, descarga, tratamiento y análisis de las aguas residuales***, OPS/ CEPIS, Cooperación Técnica Republica Federal de Alemania GTZ, Lima Perú 2002

***Curso de tratamiento y uso de aguas residuales***

***Módulos de formación y perfeccionamiento del personal de plantas de tratamiento de aguas residuales***

***Tecnologías innovadoras y de bajo costo utilizadas en los sistemas de alcantarillado (ST-29)***

***Resumen ejecutivo del proyecto regional “Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: realidad y potencial”***

***Guía para la formulación de proyectos sobre sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales***

***Aguas residuales, proyecto regional***

Esta guía esta escrita para ser aplicada a nivel general Centroamericana. Un importante acompañante a esta guía para cada país será un documento que explique la normativa del país en el tema.

Como esta guía toca muchos temas de forma generalizada, se puede complementar con información adicional contenido en las guías mencionadas arriba o con otros documentos pequeños sobre temas específicos. En el primer anexo de la guía presentamos algunos documentos pequeños enfocados en: educación comunitaria, lagunas de estabilización, re-uso de aguas residuales, y respuesta a emergencias y desastres.

# Guía Para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales

## CONTENIDOS

<b>CAPITULO 1: Importancia y Urgencia de Esta Guía.....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>La Situación en Centroamérica.....</i>	1
1.2 <i>Propósito de la Guía .....</i>	2
1.3 <i>Hacia una Solución .....</i>	3
<b>CAPITULO 2: Introducción al Manejo de Aguas Residuales .....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>El Ciclo Hidrológico .....</i>	4
2.2 <i>La Contaminación del Agua.....</i>	5
2.3 <i>Manejo Integral de los Recursos Hídricos.....</i>	6
2.4 <i>Implementación de un Plan de Manejo de Aguas Residuales.....</i>	6
2.4.1 <i>Etapa 1: Motivación y Planificación .....</i>	7
2.4.2 <i>Etapa 2: Diseño y Construcción .....</i>	9
2.4.3 <i>Etapa 3: Operación y Evaluación .....</i>	9
<b>CAPITULO 3: Aspectos Técnicos.....</b>	<b>10</b>
3.1 <i>Introducción a Manejo de Excretas y Aguas Residuales .....</i>	10
3.1.1 <i>Sistemas Descentralizados .....</i>	13
3.1.2 <i>Evaluación del Impacto Ambiental .....</i>	13
3.2 <i>Sistemas Individuales .....</i>	13
3.2.1 <i>Opciones de Sistemas Individuales .....</i>	14
3.2.2 <i>Operación y Mantenimiento de Sistemas Individuales .....</i>	21
3.3 <i>Sistemas de Alcantarillado.....</i>	23
3.3.1 <i>Tipos de Alcantarillado .....</i>	23
3.3.2 <i>Bombeo .....</i>	25
3.3.3 <i>Operación y Mantenimiento de Redes .....</i>	26
3.4 <i>Tratamiento de Aguas Residuales .....</i>	27
3.4.1 <i>Pre-Tratamiento.....</i>	28
3.4.2 <i>Tratamiento Primario .....</i>	30
3.4.3 <i>Tratamiento Secundario .....</i>	31
3.4.4 <i>Tratamiento Terciario.....</i>	33
3.4.5 <i>Desinfección.....</i>	34
3.4.6 <i>Tratamiento y Secado de Lodos .....</i>	34
3.4.7 <i>Alternativas de Solución .....</i>	35
3.4.8 <i>Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento .....</i>	41
3.5 <i>Re-Uso de Sub-Productos .....</i>	46
3.5.1 <i>Re-Uso de Agua Tratada .....</i>	46
3.5.2 <i>Re-Uso de Lodos.....</i>	48
3.6 <i>Monitoreo de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.....</i>	48
3.7 <i>Seguridad de Personal de Trabajo.....</i>	50
3.8 <i>Planificación y Respuesta a Desastres.....</i>	52
3.9 <i>Costos de Planificación, Construcción y Operación .....</i>	52

<b>CAPITULO 4: Aspectos Institucionales y Legales.....</b>	<b>54</b>
4.1 <i>Arreglos Institucionales</i> .....	54
4.2 <i>La normativa ambiental</i> .....	55
<i>Re-Uso de Agua</i> .....	55
4.3 <i>Opciones de prestación de los servicios</i> .....	57
4.4 <i>Opciones y Consideraciones de Involucrar al Sector Privado</i> .....	58
4.5 <i>Fortalecimiento de Unidad Encargada</i> .....	59
<b>CAPITULO 5: Educación Comunitaria y Participación Pública.....</b>	<b>60</b>
5.1 <i>Educación Comunitaria</i> .....	60
5.2 <i>Participación Pública Verdadera</i> .....	62
<b>CAPITULO 6: Aspectos Financieros .....</b>	<b>64</b>
6.1 <i>Instrumentos de Manejo Financiero</i> .....	64
6.2 <i>Opciones de Financiamiento de Construcción</i> .....	65
6.3 <i>Opciones de Financiamiento de Operación</i> .....	67
6.4 <i>Tarifas</i> .....	68
<b>ANEXOS .....</b>	<b>70</b>
1 - Recursos Técnicos.....	70
2 - Ejemplos de Proyectos Centroamericanos.....	71
3 - Modelo Carta de Compromiso de Beneficiario de Agua Para Construcción de Fosa de Absorción .....	72
4 - Diccionario de Términos de Aguas Residuales .....	73



## CAPITULO 1: Importancia y Urgencia de Esta Guía

El abastecimiento de agua limpia para la población humana continuamente en crecimiento, es uno de los problemas más severos que se enfrenta al comienzo del nuevo milenio. El desarrollo de nuevas fuentes de agua es cada día más caro. Por otra parte, un alto porcentaje de agua limpia está siendo contaminada por su uso doméstico e industrial, y vertida a ríos y lagos sin recibir ningún tipo de tratamiento.



*Este canal de drenaje en Bocas del Toro, Panamá, tiene varias conexiones ilícitas de aguas servidas sin tratamiento.*

En Centroamérica los recursos invertidos en el tratamiento de aguas residuales han sido bajos en comparación al abastecimiento de agua potable. Parece ser que no se ha centrado en la mentalidad de la región la importancia del tratamiento de las aguas residuales - para la calidad de vida, los ecosistemas, la pesca, y para ese recurso que se valoriza tanto - el agua limpia.

En una generación o menos, se ha visto una degradación tan fuerte de una serie de ríos, lagos, y bahías, que estos lugares se han transformado de lugares turísticos con ecosistemas vibrantes, a lugares con mal olor, donde se recomienda no nadar. No es recomendable tomar agua de la canilla de la mayoría de los países centroamericanos, y existen altas tasas de diarreas transmitidas por los excrementos humanos.

*En cualquier día, casi 50% de los que viven en países en vías de desarrollo sufren por enfermedades relacionados a excrementos humanos; estas enfermedades provocan un estimado 2.2 millones de muertes anuales a nivel mundial, principalmente de los niños de cinco años o menos<sup>1</sup>.*

### 1.1 La Situación en Centroamérica

El estado de servicios sanitarios y tratamiento de aguas residuales en Centroamérica se ilustra en el Cuadro 1. Este cuadro indica que la mayoría de las aguas residuales de todo Centroamérica se recolectan y depositan en cuerpos de agua sin ningún tratamiento.

**Cuadro 1: Manejo de Aguas Residuales Domésticos en Centroamérica<sup>2</sup>**

País	Población con Acceso a Agua Potable Urbana / Rural, %	Población con Acceso a Letrina o Alcantarillado Sanitario Urbana / Rural, %	Efluente de Alcantarillado Sanitario con Tratamiento, %
Belice	100 / 81	71 / 25	57
Costa Rica	99.6 / 92	89 / 97	4
El Salvador	92 / 25	86 / 50	2
Guatemala	98.8 / 70	95 / 71	1
Honduras	94 / 70	94 / 50	3
Nicaragua	95 / 34	93 / 56	34
Panamá	88 / 86	99 / 86	18

<sup>1</sup> WSSCC - Water Supply and Sanitation Collaborative Council, <http://www.wsscc.org>, Enero 2003

<sup>2</sup> Ref: Informe Regional Sobre la Evaluación 2000 en la Región de las Américas: Agua Potable y Saneamiento, Estado Actual y Perspectivas, OPS, OMS, HEP

Estas cifras se ven peor cuando se considera la eficiencia de los sistemas. Los estudios que se han realizado estiman que la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales no operan bien. Sus problemas de operación varían entre problemas de sobre-carga a abandono completo por falta de planificación, y debilidades de los instituciones a cargo de su operación, mantenimiento, monitoreo y vigilancia.

La responsabilidad de construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales varía entre el sector privado, municipalidades, e instituciones nacionales. Hay una tendencia hacia la descentralización de responsabilidades nacionales hacia los municipios.

Decir que los países centroamericanos no tienen los recursos para planificar una solución a largo plazo no es una respuesta al problema. El costo de no actuar es alto, en términos humanos, ambientales, y económicos:

- Miles de niños muertos cada año
- Millones de personas enfermos cada día
- Costos de tratamiento de agua contaminada; cuesta menos tratar agua en la fuente de contaminación que después que haya contaminado grandes cuerpos de agua.
- El gasto de recursos para construir y operar pozos de agua potable para evitar el consumo de agua contaminada [sería mejor gastar estos recursos en prevenir la contaminación]

3

*Enfermedades relacionadas a excrementos humanos cuestan 5 billones de días de trabajo a los países en vías de desarrollo por año.*

*En un estudio en Karachi, se encontró que personas que viven en lugares sin sanitación adecuada gastan 6 veces más en servicios médicos que los que lo tienen.*

*En Perú, una epidemia de cólera en los 1990's costo la economía un estimado \$US 1 billón en turismo y exportación de productos agrícolas en solo 10 semanas.*

## **1.2 Propósito de la Guía**

El propósito de esta guía es proveer una orientación para líderes que toman decisiones de alternativas técnicas, institucionales, y financieras para el manejo y tratamiento de aguas residuales individuales y de cascos urbanos de tamaño pequeño a mediano. Esta guía está particularmente orientado a gerentes municipales de Centroamérica, y para las personas y organizaciones quienes los asesoran, del camino hacia soluciones de mejor manejo de aguas residuales. Con esta guía esperamos ayudar algunas de las preguntas claves de la gerencia como ser:

- *¿Cómo motivar e involucrar al público en el mejor manejo de aguas residuales?*
- *¿Dónde y como empezar con un programa de mejor manejo de aguas residuales?*
- *¿Cuales son las opciones de tratamiento de aguas residuales y las experiencias con estas en Centroamérica?*
- *¿Cuales son las ventajas y desventajas de varias opciones de arreglos institucionales?*
- *¿Como hacer para adquirir los fondos necesarios?*

<sup>3</sup> WSSCC - Water Supply and Sanitation Collaborative Council, <http://www.wsscc.org>, Enero 2003

### 1.3 Hacia una Solución

4

Ahora es el momento de ofrecer un *liderazgo capacitado* para mejorar el manejo de aguas residuales. El camino hacia la solución debe incluir:

- educación y motivación; por la falta de prioridad que se ha dado a este problema, es importante una intensa labor informativa y de concientización sobre la importancia del buen manejo de agua y del tratamiento de aguas residuales, dirigido a todos niveles
- conexión con agua potable; nunca existe una falta de interés en agua potable. El ligar el servicio de tratamiento de aguas residuales a la provisión de agua potable, en la fase de planificación y compromiso de usuarios, y en el cobro de servicios, facilita el aprovechar de ese interés y asegurar que los que utilizan el agua también se responsabilizan por su disposición adecuada.
- planificación; es importante hacer un plan de acción participativo, considerando aspectos técnicos, institucionales, y financieros, e incluyendo pasos a tomar a corto, mediano, y largo plazo
- implementación del plan de acción

*Voluntad política para asignar una alta prioridad al manejo de aguas residuales y soluciones económicas son dos pre-requisitos para manejo adecuado de aguas residuales.*

Las futuras generaciones están dependiendo del liderazgo de hoy para eliminar los riesgos de enfermedades como ascariasis y cólera, para disponer de agua que podrán tomar, y ríos y lagos con ecosistemas vibrantes en los cuales podrán nadar y pescar.

---

<sup>4</sup> Guidance on Municipal Wastewater, UNEP, Borrador Octubre 2001, <http://www.gpa.unep.org>

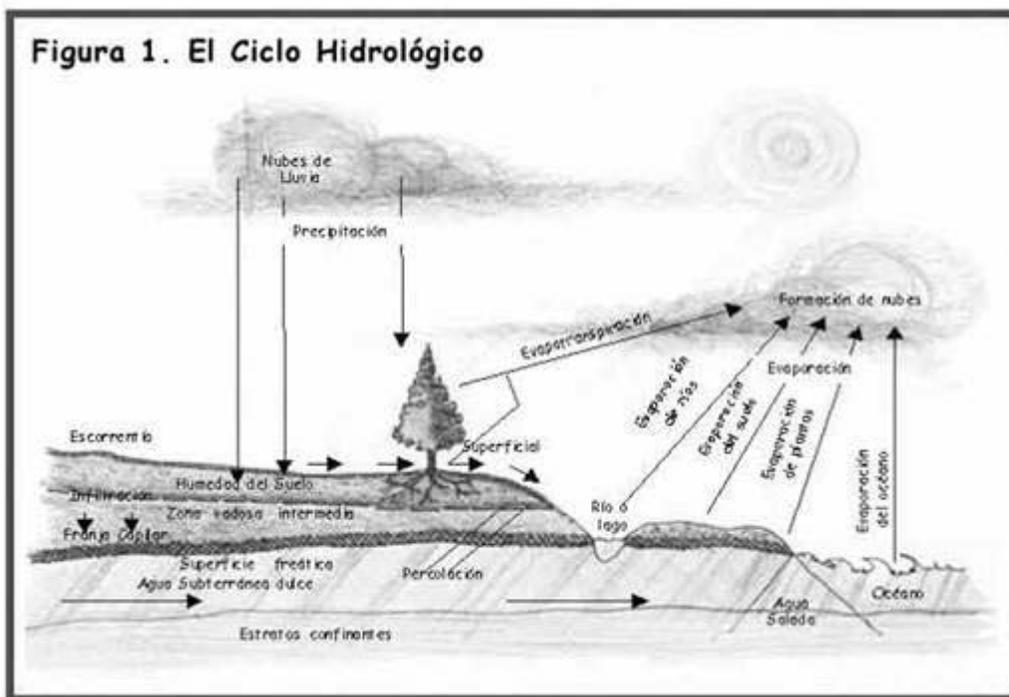
## CAPITULO 2: Introducción al Manejo de Aguas Residuales

Este capítulo inicia con los conceptos del ciclo hidrológico y los impactos de los humanos en el ambiente y la salud, y después presenta un esquema de los elementos a incluir en el camino de la planificación e implementación de programas de manejo de aguas residuales.

*Nota: En esta guía “aguas residuales” se refiere a aguas residuales municipales domesticas en su mayoría, sin incluir sustancias industriales potencialmente tóxicas, los cuales no se deben permitir descargar en alcantarillados públicos.*

### 2.1 El Ciclo Hidrológico

*El agua al precipitarse en forma de lluvia, llega primero al follaje de los árboles; a medida que continúa lloviendo, el agua comienza a escurrirse por las ramas y troncos de los árboles hasta llegar al suelo. Una vez ahí, el agua es retenida temporalmente por la hojarasca, permitiendo que una porción de agua se infiltre a las varias capas de profundidad de agua subterráneo. De aquí se alimentan permanentemente los ríos, lagos, embalses y manantiales. Una porción del agua corre sobre la superficie del terreno, hacia los ríos, lagos embalses y finalmente al océano. Al evaporarse el agua del follaje, la tierra, los ríos y lagos, y el océano, se cierra el ciclo hidrológico.*



*Fuente: Catholic Relief Services*

## 2.2 La Contaminación del Agua

El hombre contamina el suelo con sus excretas y con mala disposición de desechos líquidos y sólidos domésticos, comerciales e industriales. Esta contaminación se infiltra al suelo o es llevada por la lluvia hacia cuerpos de agua. El hombre también contamina directamente a cuerpos de agua con efluentes de alcantarillado sin tratamiento.

Las excretas humanas depositadas al aire libre y las aguas residuales domésticas cruda (sin tratamiento), tienen mal olor y son un *riesgo para la salud* y el ambiente. Las infecciones de nematodos (gusanos), se dan principalmente por medio de contacto a la boca de manos sucias (que han estado en contacto heces depositadas en el suelo); estas infecciones todavía abundan en Centroamérica, pero se pueden fácilmente evitar. Las graves enfermedades gastrointestinales, entre ellas el cólera, tifoidea, paratifoidea, disentería, diarrea, hepatitis y otras, ocasionadas por el consumo de alimentos o bebidas contaminadas, afectan a millones de habitantes de Centroamérica diariamente. Una enfermedad que pudo haberse evitado, le ocasiona inconvenientes al pequeño agricultor y a la mujer por no poder atender sus labores, y, más importante a los niños menores de 5 años, los más vulnerables a sufrir consecuencias graves de estas enfermedades.

Los excrementos, fertilizantes y detergentes también son un *riesgo para el medio ambiente*. Contienen sólidos, material orgánico disuelto, nitrógeno, fosfato, aceites, grasas, y elementos tóxicos. El efecto detrimental más común es el crecimiento de algas presentes en los cuerpos de agua y la reducción de oxígeno disuelto en el agua, quedando muy poco para los otros seres vivos del agua, principalmente peces. En casos extremos de intoxicación, se han notado muertes de peces y aves a grande escala.

En Centroamérica, existe una creciente y alarmante contaminación de aguas de ríos, lagos, embalses, aguas subterráneas y aguas marinas costeras que se han convertido en colectores de aguas negras. Un ejemplo de gran contaminación es el Río Acelhuate, El Salvador.

El Río Acelhuate en El Salvador, es considerado como una cloaca abierta. En este río, se vierten directamente todos los desechos líquidos y sólidos procedentes de las diferentes actividades humanas de las ciudades de San Salvador, Mejicanos, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo y Ciudad Delgado. Este río desemboca en el Embalse Cerrón Grande, contaminando el cuerpo de agua fresca más grande del país.

### **2.3 Manejo Integral de los Recursos Hídricos**

En reconocimiento de la interconexión de todos los recursos hídricos y de los actos humanos de uso, manejo e interrelación con esos recursos, existe un movimiento internacional que promueve, el *manejo integral de los recursos hídricos*, particularmente a nivel de cuenca o colección de cuencas que desembocan en un cuerpo receptor de agua en común. El manejo integral de los recursos hídricos:

- considera impactos cuenca arriba y cuenca abajo, agua subterránea, y recursos costeros.
- considera eficiencia en el uso de agua y re-uso de aguas residuales.
- involucra los varios sectores interesados en el uso de agua, e
- incluye políticas, reglamentos, y arreglos institucionales para promover el uso equitativo y eficiente de agua, y la calidad de agua.

Cuando se piensa implementar un proyecto de agua potable, es importante considerar el manejo de las aguas residuales que esto cree, tanto de los usos de lavar y bañarse como también de los inodoros, si la población los desea en vez de letrinas. En este punto es necesario recordar que, si bien la finalidad es mejorar la calidad de vida de la población, el proyecto de agua cumple solamente una parte de dicha finalidad, porque si no se ha previsto el manejo de las aguas residuales que se generarán a partir del funcionamiento del sistema, se tendrá una comunidad con estancamientos de agua sucia, maloliente y severamente contaminada, constituyéndose en una seria amenaza para la salud de la población y el deterioro del medio ambiente.

### **2.4 Implementación de un Plan de Manejo de Aguas Residuales**

La limitación de recursos económicos no debe ser una justificación para no tener una visión global, si no una motivación para tener un plan de manejo comprensivo. Planes de manejo que incorporen toda una comunidad, área urbana, o cuenca, son importantes porque:

- **beneficios de salud y ambiente no se realizan a pequeña escala;** por ejemplo, estudios de proyectos rurales de agua y saneamiento ha demostrado que si solamente una parte de la comunidad adopta prácticas de saneamiento, el beneficio de salud se pierde,
- **soluciones aisladas no maximizan la eficiencia de uso de recursos;** por ejemplo, la construcción de una serie de sistemas de recolección y plantas de tratamiento para cada nueva urbanización puede no representa una planificación integral y podría costar mas que otras soluciones.

*Un plan de manejo que incluye toda la comunidad es importante porque los beneficios de salud y ambiente no se realizan a pequeña escala y porque soluciones aisladas no maximizan la eficiencia de uso de recursos.*

Es importante realizar una planificación comprehensiva, incluyendo todos los actores claves y niveles socio-económicos, y considerando aspectos de sustentabilidad técnica, económica, e institucionales. El plan debe incluir acciones a implementar a corto y mediano plazo, y se debe actualizar cada cinco años, aproximadamente. Elementos que se pueden incluir en las etapas de planificación, diseño / construcción y monitoreo de un plan de manejo de aguas residuales son:

#### **2.4.1 Etapa 1: Motivación y Planificación**

El proceso de buen manejo de aguas residuales requiere un alto nivel de participación de la ciudadanía, planificación, y tiempo. La voluntad política de las autoridades municipales y de los habitantes, es un requerimiento básico para implementar un sistema de aguas residuales.

Esta fase podría incluir los siguientes componentes:

- Diagnóstico La duración necesaria para hacer diagnóstico de las condiciones existentes se estima entre 1 y 2 meses. Es importante destacar que el diagnóstico considera las condiciones demográficas y topográficas del municipio, y datos de generación y calidad de aguas residuales si los haya.
- Determinación de metas para el programa a corto y largo plazo; es importante determinar los usos de agua cuenca abajo (por ejemplo si hay posibilidades de re-uso del agua) y determinar la calidad de agua que se quiera obtener.
- Inicio de un programa de educación comunitaria; uno de los pasos iniciales que se debe tomar es la educación de los actores claves de los temas básicos de higiene, y de tratamiento de aguas residuales.
- Evaluación del marco institucional; es importante determinar la institución o las instituciones que serán responsables por el sistema y planificar la formación de una nueva institución si es necesario.
- Inicio de un programa de participación pública; es importante discutir el problema y las varias opciones con grupos interesados.
- Análisis preliminar de alternativas tecnológicas. La evaluación debe incluir costos estimados al usuario y sustentabilidad económica potencial de las opciones. Se puede evaluar opciones centralizadas y descentralizadas, y opciones de diferentes tipos de tratamiento.
- Análisis de alternativas sitios de planta(s) de tratamiento. Las alternativas ideales serán económicamente y socialmente aceptables y protegerán al medio ambiente. Las alternativas ideales también aprovecharán de pendientes naturales para evitar la necesidad de bombeo hacia la(s) planta(s) y entre las unidades de la(s) planta(s).
- Decisión de acción a tomar
- Establecimiento de un Plan de Acción se preparan planes y se establecerán prioridades, pasos, y responsabilidades para mejoramientos en el manejo de carácter técnico, institucional, legal, económico, social, ambiental, y administrativo.

**Cuadro 2: Plan de Manejo Integral de Aguas Residuales - Ejemplo**

ASPECTOS	ETAPAS															
	Motivación y Planificación					Diseño y Construcción							Operación y Evaluación			
meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<u>Técnico</u>																
- diagnóstico	■															
- busca de sitio para planta o plantas	■	■	■													
- diseño preliminar de redes de recolección y planta(s)		■	■													
- cálculo de costos de capital y de operación		■	■													
- diseño final				■	■	■										
- realización de estudio de impacto ambiental o formulario ambiental		■			■	■										
- construcción									■	■	■	■	■			
- operación y monitoreo														■	→	→
<u>Participación Pública</u>																
- diseño de programa de educación y participación pública	■	■														
- implementación de programa de educación y participación pública		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	→	→
<u>Financiero</u>																
- optimización de manejo financiero		■														
- cálculo de tarifas		■														
- compra de terreno(s)				■												
- buen manejo financiero					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	→	→
<u>Administrativo y Legal</u>																
- definición de tipo de servicio y admin.	■	■														
- revisión de ordenanzas		■														
- capacitación de personal			■										■	■		
- actualización, ordenanzas y tarifas								■	■							
- escritura del terreno				■												
- obtención de permiso ambiental							■	■								
- administración del sistema													■	→	→	→

### **2.4.2 Etapa 2: Diseño y Construcción**

Esta fase podría incluir los siguientes componentes:

- Continuación del programa de participación pública.
- Continuación del programa de educación comunitaria
- Selección del (o de los) sitio(s) de la planta(s) de tratamiento
- Gestión para compra de terreno(s) para la(s) planta(s) de tratamiento
- Diseño Final
- Establecimiento de Nuevas Tarifas
- Establecimiento de Nueva Ordenanza
- Finalización del Estudio de Impacto Ambiental y su Gerencia
- Establecimiento de nuevos arreglos institucionales
- Construcción de la primera fase del programa

### **2.4.3 Etapa 3: Operación y Evaluación**

Esta fase podría incluir los siguientes componentes:

- Continuación del programa de participación pública.
- Continuación del programa de educación comunitaria
- Operación y mantenimiento del sistema
- Monitoreo mensual de calidad de agua entrando y saliendo de la planta de tratamiento, y del cuerpo receptor de agua
- Evaluaciones periódicas del funcionamiento del sistema.
- Cobro por el servicio

## CAPITULO 3: Aspectos Técnicos

La falta de buen manejo de excretas y aguas residuales en Centroamérica se debe en parte por una falta de conocimientos y experiencias con tecnologías variadas y viables en el medio. El propósito de este capítulo es de proporcionar suficiente información de los conceptos técnicos de un sistema de manejo de aguas residuales para guiar un proceso de planificación e implementación.

Este capítulo se divide en las siguientes secciones:

- Introducción a Concepto de Manejo de Excretas y Aguas Residuales
- Sistemas Individuales
- Sistemas de Alcantarillado
- Tratamiento de Aguas Residuales
- Re-Uso de Sub-Productos
- Monitoreo de Sistemas de Tratamiento
- Seguridad de Personal de Trabajo
- Planificación y Respuesta a Desastres
- Costos de Planificación, Construcción y Operación

### 3.1 Introducción a Manejo de Excretas y Aguas Residuales

Los procesos de manejo de excretas y aguas residuales deben ser escogidos para minimizar los riesgos de estos a la salud humana y al medio ambiente de una forma económicamente y tecnológicamente apropiado para cada sitio.

Lo más importante es *eliminar el riesgo a la salud de infección por organismos patógenos*. Esto se logra por medio de:

- 1) buenos hábitos de higiene (no fecalismo al aire libre, preparación de comida de forma para minimizar riesgo de salud, lavado de manos antes de comer), lo cual implica buena educación comunitaria, y<sup>5</sup>
- 2) manejo adecuado de excretas y aguas residuales con letrinas, o con tratamiento adecuado de aguas residuales y lodos.

Las heces fecales de los niños son más contaminantes que las de los adultos, porque ellos tienen más tendencia a ser víctimas de las enfermedades de infección fecal-oral.<sup>6</sup>

*Estudios han demostrado que se reduce la diarrea de los niños por:*  
- 15-20% con mejor calidad de agua  
- 35% con mejores prácticas de higiene y por  
- casi 40% con disposición adecuada de excrementos de los niños.

<sup>5</sup> WSSCC - Water Supply and Sanitation Collaborative Council, <http://www.wsscc.org>, Enero 2003

<sup>6</sup> EHP - Environmental Health Project, Mejoramiento el saneamiento en las ciudades pequeñas de América Latina y el Caribe; Metodología práctica para diseñar un plan de saneamiento sostenible, USAID, Washington DC, 2002

La cantidad de aguas residuales que genera una persona depende de tener agua potable entubada que llega a su casa, si tiene lavadora, y de sus hábitos de uso y desperdicio de agua (incluyendo reparación de fugas). En los Estados Unidos, aproximadamente 30% de las aguas residuales vienen de inodoros, 30% de duchas, 35% de lavar manos y platos, y 5% de fugas de inodoros. En los Estados Unidos, el uso promedio de agua doméstica residual que se genera es entre 170-340 litros por persona por día<sup>7</sup>, mientras los datos que se usan para diseño en Centroamérica varían entre 100 y 200 litros por persona por día. El caudal varía durante el día, siendo el más bajo (½ del caudal promedio) a las 5 de la mañana y el más alto (2 veces el caudal promedio) al medio día.

Para minimizar la contaminación del agua, se puede optar por:

- sistemas individuales que evitan depósito de excreta y aguas grises a cuerpos de agua (letrinas con infiltración de aguas grises),
- sistemas individuales con tratamiento de aguas residuales, o
- sistemas de recolección con tratamiento de aguas residuales antes de su depósito a cuerpos de agua.

Factores que influyen la selección de tecnologías de saneamiento son:

- cantidad de agua disponible
- disponibilidad de espacio para soluciones individuales y compartidas
- acceso a financiamiento
- temas ambientales
- costo de construcción y operación y capacidad de cubrir estos costos
- aceptabilidad cultural, y
- capacidad de manejar el sistema

Elementos de contaminación que se encuentran en las excretas y en las aguas residuales que tienen un impacto negativo a la salud y el medio ambiente incluyen: patógenos, sólidos suspendidos, elementos orgánicos disueltos, nutrientes, y elementos tóxicos. Las fuentes, potenciales impactos negativos, y opciones de manejo de estos elementos se resumen en el Cuadro 3.

El tratamiento de aguas residuales para remover *patógenos*, lo más importante en términos de salud, implica, primeramente, buen manejo de higiene individual (educación y cambio de hábitos), y después tratamiento y manejo adecuado de lodos (referir a secciones individuales) y tratamiento de líquidos con tiempo (lagunas), otro tipo de desinfección, o aplicación adecuada a suelos.

---

<sup>7</sup> Tchobanoglous, George y Burton, Franklin, Wastewater Engineering, Metcalf & Eddy, Third Edition, McGraw Hill Inc., 1991

El tratamiento de aguas residuales para remover *sólidos suspendidos* es sencillamente por medio de sedimentación (tratamiento primario: que el agua contaminada este en un tanque por suficiente tiempo que se bajen las partículas por gravedad hacia abajo). El tratamiento para *elementos orgánicos disueltos* (tratamiento secundario) lo cual se logra por medio de proveer un ambiente donde las bacterias tienen la oportunidad de alimentarse de estos, removiéndolos del agua. El tratamiento de *nutrientes* más difícil aún (tratamiento terciario); el concepto es de incorporación de estos elementos como alimentos de organismos biológicos.

El tratamiento de elementos *tóxicos y persistentes*, como metales disueltos producidos por procesos industriales y plaguicidas es lo más complicado, y prohibitivamente costoso para la gran mayoría de municipalidades en países de altos recursos económicos, peor todavía en los países de Centroamérica. Por esta razón, es importante evitar la contaminación por estos elementos, reduciendo su uso, y requiriendo pre-tratamiento por industrias que lo generan.

**Cuadro 3: Opciones de Manejo de Excretas y Aguas Residuales**

<i>Elemento Contaminante</i>	<i>Fuente Típica</i>	<i>Impacto Potencial</i>	<i>Opciones de Manejo</i>
Patógenos: - nematodos - bacterias - amebas - virus	▪ <u>Excretas</u> , aguas grises domésticas	▪ Salud: transmisión de enfermedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buena higiene y adecuada disposición de excreta, incluido de niños, y</li> <li>▪ En caso de letrinas, manejo adecuado de sólidos</li> <li>▪ En caso de inodoros con fosas sépticas, infiltración de efluente al suelo (sin estar cerca de agua subterránea o superficial)</li> <li>▪ En caso de alcantarillado, uso de lagunas u otro tipo de desinfección, o infiltración de efluente a suelos</li> </ul>
Sólidos suspendidos	▪ Varias	▪ Degradación de cuencas: acumulación de lodos, impacto en vida acuática.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si no están mezclados con excretas: sumidero o zanjas de absorción</li> <li>▪ Se están mezclados con excretas: fosa o zanja de absorción o planta de tratamiento</li> </ul>
Elementos orgánicos disueltos	▪ Varias	▪ Olores, calidad de agua, impacto en sobrevivencia de vida acuática (peces y otros).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No descargar aguas residuales o lodos a cuerpos acuáticos superficiales (letrinas o plantas de tratamiento con re-uso), o</li> <li>▪ Tratar aguas residuales a nivel secundario</li> </ul>
Nutrientes (nitrógeno, fósforo)	▪ Varias, incluyendo aguas lluvias que corren por áreas agrícolas (fertilizantes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Olores, calidad de agua, crecimiento de algas y plantas invasivas</li> <li>▪ Eutroficación del cuerpo receptor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No descargar aguas residuales o lodos a cuerpos acuáticos superficiales (letrinas o plantas de tratamiento con irrigación o infiltración), o</li> <li>▪ Tratar aguas residuales a nivel terciario</li> </ul>
Elementos tóxicos (metales, plaguicidas, etc.)	▪ Procesos industriales	▪ Vida silvestre: acuática, y de animales que se alimentan de estas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducir su uso, o pre-tratarlos si es un proceso industrial.</li> </ul>

### **3.1.1 Sistemas Descentralizados**

Para minimizar costos de construcción, operación y mantenimiento, dependiendo de la densidad de casas y los pendientes naturales del terreno, muchas veces, un sistema de recolección para toda una población urbana no es la mejor opción. En muchos casos, es aconsejable planificar un sistema descentralizado con varias plantas de tratamiento, y a veces incluir sistemas individuales como parte de la solución global de tratamiento de agua de una zona urbana. Por otra parte, el minimizar el número de plantas de tratamiento y fosas sépticas individuales normalmente reduce la complejidad y el costo de operación y mantenimiento. Es importante considerar varias opciones, y, cuando es factible, programar implementación por etapas, siempre con la visión final de tratamiento de todas las aguas residuales, aunque se implemente un programa por fases.

### **3.1.2 Evaluación del Impacto Ambiental**

Durante la etapa de análisis de opciones para obras de infraestructura, es importante considerar sus impactos al medio ambiente y calidad de vida. Una vez que se haya escogido las opciones preferidas, es importante gestionar el estudio de impacto ambiental, lo cual debe cumplir con los requerimientos de cada país. Estos estudios son una herramienta importante para ayudar a asegurar que se haya considerado, dentro de las etapas de planificación, construcción, y operación factores como:

- protección del ambiente durante la construcción,
- mitigaciones ambientales a tomar (por ejemplo siembra de árboles, construcción de humedales),
- operación y mantenimiento normal, incluyendo protección de personal de trabajo,
- manejo de lodos (frecuentemente olvidado),
- manejo de contingencias (por ejemplo en situaciones de pérdida de electricidad),
- proximidad de casas (y medidas de control de construcción de futuras casas cercanas de la planta si es necesario), y
- un plan de monitorear los impactos al ambiente, con frecuencia de monitoreo y responsabilidades.

## **3.2 Sistemas Individuales**

En zonas rurales, comunidades de baja densidad, y a veces también para ciertas partes de zonas urbanas, dependiendo de la topografía, sistemas individuales son la mejor opción para el tratamiento de excretas y aguas residuales. Estos no deberían ser considerado como soluciones de segunda categoría, pues bien manejados protejan a la salud y al ambiente; estos se utilizan

para casi el 25% de los hogares en los Estados Unidos<sup>8</sup>. También hay un movimiento fuerte de algunos que defienden el ambiente en contra de la tradición de usar el agua, un recurso importante, para llevar los excrementos por sistemas de alcantarillado.

Siempre con programas de letrización, y particularmente en zonas rurales, es importante dedicar recursos no solo a la construcción de las letrinas, pero también al proceso participativo, educativo y orientador para que las comunidades se familiarizaran con el funcionamiento de las letrinas y tomen el proyecto como suyo. La población necesita adquirir conocimiento sobre la importancia de los hábitos de disposición de excretas para evitar enfermedades por contacto directo o indirecto con las mismas. Es importante dedicar los programas de educación y orientación no solamente a la población adulta, sino también a la niñez.

*Un programa de letrización bien planificado e **implementado con las comunidades**, con un buen programa de participación pública y educación comunitaria es un excelente paso para mejorar las condiciones de salud y del medio ambiente.*

### 3.2.1 Opciones de Sistemas Individuales

El tipo de letrina a utilizar dependerá de la profundidad del manto freático (agua subterránea que alimenta los pozos), así como de la capacidad de infiltración del suelo. En todo caso, se recomienda tomar como referencia la profundidad del agua en los pozos existentes en la comunidad. En el Cuadro 4 se resume las letrinas que se describe en esta sección y las condiciones ideales para su instalación.

La separación de orina para las letrinas secas es altamente recomendable, para minimizar malos olores, y para extender el tiempo de uso de las letrinas. La orina generalmente no contiene micro-organismos patógenos en cantidades significantes.

Cualquiera de estos sistemas de manejo de excretas se puede utilizar con o sin separación y manejo aparte de aguas grises.

Los factores a considerar para la selección y diseño de los sistemas de sanitación individual, son las siguientes:

- Nivel y uso de aguas subterráneas (riesgo de contaminación)
- Características del suelo (capacidad de infiltración, capacidad del terreno para soportar pesos, capacidad de las fosas para sostenerse por sí mismos sin derrumbarse, profundidad de excavación posible).
- Preferencias de usuarios; estudios han indicado que varios factores influyen la tendencia de uso adecuado de las letrinas (tipo de estructura, tipo de bacinete, estructuras individuales o comunales)

---

<sup>8</sup> “Entonces ... Ahora Usted Tiene un Sistema Séptico”, National Small Flows Clearinghouse, West Virginia University, 2000

**Cuadro 4: Comparación de Sistemas Individuales Para Manejo de Excretas**

<i>Tipo de sistema individual</i>	<i>¿Inodoro seco o con agua?</i>	<i>Condiciones y consideraciones en su uso</i>	<i>Operación y mantenimiento</i>
Letrina abonera seca familiar (LASF)	Seco	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para manto freático alto</li> <li>▪ Es altamente recomendable separar orina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Echar ceniza o cal cada 8 días</li> <li>▪ Cambiar de compartimiento, y sacar y secar lodos cada 6 meses</li> </ul>
Letrina abonera solar	Seco	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para manto freático bajo y suelos permeables</li> <li>▪ Es altamente recomendable separar orina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Echar ceniza o cal cada 8 días</li> <li>▪ Mover las excretas cada 8 días</li> </ul>
Letrinas de fosa ventilada	Seco	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para manto freático bajo y suelos permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sellar fosa cuando se llena, y construir otra en un nuevo lugar.</li> </ul>
Letrina con sello hidráulico <sup>9</sup>	Con agua en baldes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para manto freático bajo o mediano y</li> <li>▪ Suelos permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vaciar los lodos cada 3-5 años.</li> <li>▪ Alternar de fosa cada 3-5 años (si se construyeron dos)</li> <li>▪ Tratar los lodos de una forma adecuada</li> </ul>
Inodoro con fosa séptica y fosa o campo de absorción	Con agua entubada	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para 1 - 300 familias</li> <li>▪ Para manto freático bajo o mediano y</li> <li>▪ Suelos permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vaciar los lodos cada 3-5 años.</li> <li>▪ Tratar los lodos de una forma adecuada</li> </ul>
Sistemas de tratamiento “paquete”	Con agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para 10-1000 familias</li> <li>▪ Para lugares con escaso espacio y con personal técnico disponible, como un hotel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Requiere gastos en energía, personal de mantenimiento tecnificado.</li> </ul>

### 3.2.1.1 Letrina abonera seca familiar, o LASF

Este tipo de letrina ha funcionado especialmente en las zonas costeras y en general donde el manto freático se encuentra a poca profundidad del nivel de terreno natural, ya que por su construcción superficial y funcionamiento, asegura que el agua subterránea no será contaminada.

La letrina abonera se construye directamente sobre el terreno y consta de las siguientes partes:

- Una recámara doble, sobre una base de concreto.
- Una plancha de cemento que contiene dos agujeros, sobre los cuales se colocan sendas tazas y dos agujeros más pequeños para los tubos PVC que conducirán al exterior los gases de cada recámara.
- De cada taza sale un *poliducto para conducir la orina en forma separada* hacia un pequeño foso ubicado al lado de cada recámara.

<sup>9</sup> Mara, Duncan, *Low-Cost Urban Sanitation*, John Wiley & Sons, 1996

## LETRINA ABONERA SECA VENTILADA (LASV)



1. Cada vez que se use debe echarse en la cámara un puño de ceniza o cal.

2. Cada semana debe moverse las excretas con la ceniza para mejorar la mezcla entre ambas. Cuando se remueva y se observe cierta humedad, agregar más cenizas.



3. Al hechar ceniza procurar que no caiga sobre el depósito para la orina para que no se tape.

4. La plancha y taza al igual que toda la letrina debe limpiarse una vez por semana y permanecer tapada y cerrada.



### Recomendaciones para la utilización de la orina recolectada:

Como **abono** mezclar 1 galón de orina con 3 galones de agua.

Como **insecticida** (evitar pulgones) mezclar ½ litro de orina con 4 galones de agua.

Como **fungicida** (evitar enfermedades como el orjeño) mezclar 1 galón de orina con 4 galones de agua.

### UTILIZACIÓN DE LAS EXCRETAS SECAS:

Cada vez que se llene una de las cámaras, cerrarla y utilizar la otra.

Esperar 9 meses para que sequen las excretas y luego utilizar como abono orgánico.

**Fuente:** *Catholic Relief Services (CRS).*

El objetivo es utilizar alternadamente cada una de las recámaras: cuando la primera se ha llenado, aproximadamente en 6 meses, la taza correspondiente se sella, abriéndose la segunda para comenzar a ser utilizada. En este período, en la recámara sellada se realiza el proceso de degradación de las heces hasta que los microorganismos patógenos son eliminados.

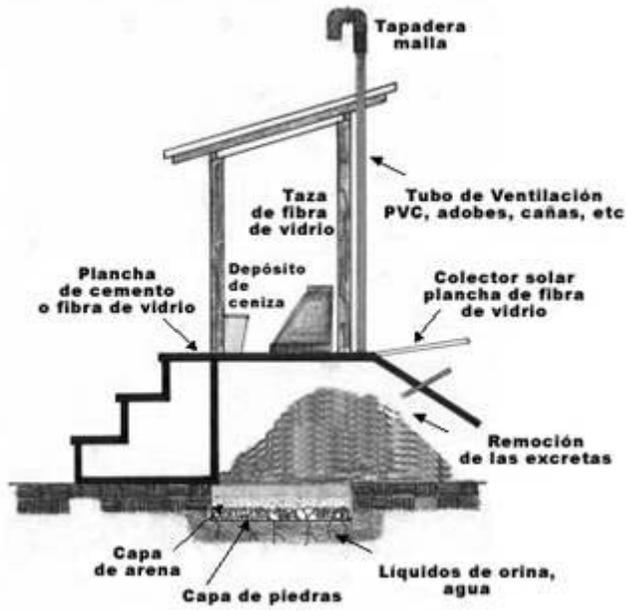
### 3.2.1.2 Letrina abonera solar

Es parecida a la letrina abonera familiar, con las siguientes modificaciones:

- Uso de una plancha de fibra de vidrio para colector solar, acelerando el secado del abono
- Tiene solo una cámara, no dos, así que ocupa menos espacio

Semestralmente se produce abono orgánico sólido, sanitariamente seguro que mejora los suelos por la adición de materia orgánica y micro nutrientes contenidos en los excrementos, ceniza y orina.

# LETRINA DE COLECTOR SOLAR



## Utilización de las excretas secas:

Cada vez que se llene una de las cámaras cerrarla y utilizar la otra.

Esperar 9 meses y cuando las excretas estén secas utilizar como abono orgánico.

*Fuente: Catholic Relief Services (CRS).*

### 3.2.1.3 Letrinas de fosa ventilada

Para la implementación de este tipo de letrina, debe tomarse muy en cuenta los criterios de:

- bajo nivel freático
- suelos permeables
- distancia de pozo de agua potable; la distancia recomendada entre la letrina y cualquier pozo ubicado aguas abajo, debe ser de 15 metros mínimo.

## MANTENIMIENTO

1. Echar ceniza dentro del cajón cada vez que se use.

2. Lavar la taza con detergente o ceniza cada 8 días.



3. Cada 8 días deben moverse las excretas con ceniza jalándolas con un azadón hacia la parte de atrás.

4. Mantener tapada la taza.

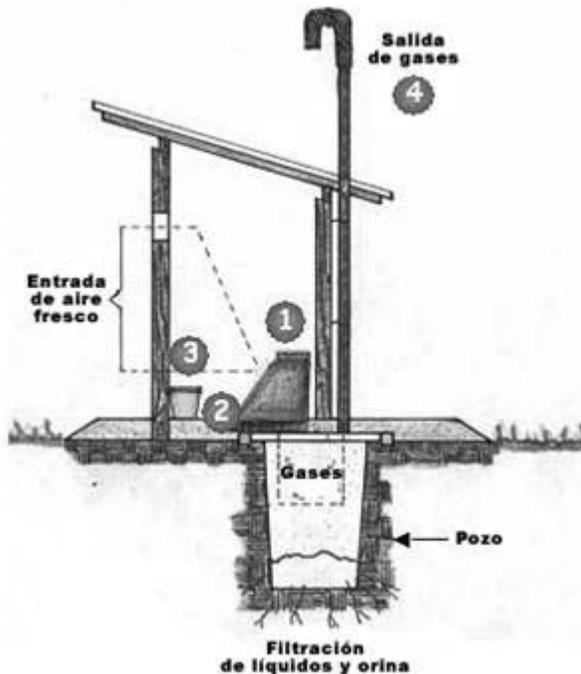


5. Mantener limpia la caseta y cerrada la puerta.

6. La caída de agua del techo de la caseta debe ser al lado contrario del recolector.

Para la disposición de las excretas se utilizan las letrinas; éstas son de diferentes clases. Depende de las características de cada comunidad, el modelo a construir.

## LETRINAS DE POZO VENTILADO



1. Una vez a la semana lavar la plancha y taza con jabón o desinfectante, evitando que éste caiga dentro del pozo.
2. Rellenar cualquier agujero que se observe alrededor de la plancha.



3. Cada 8 días hechar ceniza para cubrir las excretas y eliminar los malos olores y moscas.

4. Revisar que la malla que cubre la chimenea no tenga obstrucciones ni esté rota.

Al llenarse el pozo sellar con una plancha de concreto para evitar accidentes y trasladar la letrina a otro lugar.

*Fuente: Catholic Relief Services (CRS).*

La fosa se recubre con una plancha de cemento que tiene un agujero sobre el cual se instala una taza. La caseta de la letrina es construida por el beneficiario con materiales del lugar.

Igual que en la letrina abonera, a este modelo se le puede incorporar una taza con separación de orina, para evitar que se produzcan malos olores al mezclarse con las heces. Cuando la fosa se ha llenado, habrá que sellarla y proceder a la excavación de una fosa nueva en otro lugar del terreno.

### 3.2.1.4 Letrinas con sello hidráulico

En este caso, la letrina es limpiada con un balde de 2-3 litros de agua cada vez que se utiliza. La letrina es conectada, por medio de tubería de diámetro pequeño, a una fosa de absorción. Este tipo de letrina muchas veces se construye con una caja repartidora y dos fosas de absorción que se pueden alternar (cada 2-4 años), para poder dejar tiempo para que los patógenos se mueran antes de vaciar una fosa.

De acuerdo con algunos estudios, existe muy poco riesgo de contaminación de las aguas subterráneas cuando hay por lo menos, 2 metros de suelo fino entre una fosa de absorción y el manto freático, siempre y cuando la aplica-

ción de aguas residuales no sea mayor a 50 milímetros diarios, o sea 50 litros diarios por metro cuadrado<sup>10</sup>.

En lugares de alto nivel freático se puede utilizar este tipo de letrina conectado a un sistema de recolección con alcantarillado de diámetro pequeño y tratamiento adicional del agua residual.

Este tipo de letrina tiene la ventaja sobre letrinas secas de tener un sello de agua que contiene los olores e inhibe el acceso de insectos a los excrementos. En algunos estudios se ha demostrado una preferencia social para esta letrina en comparación con las letrinas secas. Tiene la ventaja sobre inodoros con tanques de agua que limita el desperdicio del recurso de agua y genera menos agua residual.

### 3.2.1.5 Inodoro con agua, fosa séptica y fosa o campo de absorción

Cuando se utiliza un inodoro con un tanque de agua para limpiar y sellar el inodoro, es necesario un adecuado manejo del más grande volumen de agua residual que se genera. Para manejarlo adecuadamente, este debe estar conectada a una red de alcantarillado o a una fosa séptica y fosa o campo de absorción.

Las fosas sépticas normalmente son utilizadas en donde no existe una red de alcantarillado sanitario, como pueden ser escuelas rurales, campos o zonas de recreo, hoteles y restaurantes campestres, pero también pueden servir para tratar agua de hasta 300 habitantes.

Siempre es recomendable anteponerles una trampa de grasas, especialmente para el agua de la lava trastos.

Las fosas sépticas normalmente se diseñan con dos cámaras. En el primer compartimiento se efectúa la sedimentación, digestión de lodos y su almacenamiento. La segunda cámara mejora el proceso, evitando que los sólidos sean arrastrados con el efluente. La descarga de las fosas no se debe dirigir a un cuerpo de agua, si no a una fosa o a un campo de absorción.

Si se piensa utilizar tanques pre-fabricados, es importante tomar en cuenta el tipo de suelo; experiencias han demostrado la tendencia de unidades pre-fabricados de plástico y fibra de vidrio a colapsarse cuando se instalan bajo el nivel del manto freático o en suelos arcillosos. El llenar los tanque de agua antes de instalarlos puede evitar el problema, o bien el uso de tanque fabricados de concreto en sitio.

Para construir una fosa de absorción, debe tomarse en cuenta la

En lugares donde el nivel freático es alto y/o el suelo arcilloso, una opción que se ha utilizado en Costa Rica son filtros anaerobios para casas individuales. Un modelo de filtro pre-fabricado ha sido diseñado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica.

<sup>10</sup> Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Salud Mercedes Umaña, *Fosas resumideros: Para la sana eliminación de las aguas servidas*, El Salvador, 2001

capacidad de infiltración que tiene el terreno. Es decir, el tipo de suelo influye en dicha capacidad. Por ejemplo, la arcilla no permite la infiltración de las aguas residuales, mientras que los suelos como la grava y la arena, así como algunas areniscas, desaguan fácilmente.

#### 3.2.1.6 Sistemas de tratamiento “paquete”

Sistemas tipo “paquete”, que se venden comercialmente, son mini plantas de tratamiento. La compañía vendedora provee los servicios de diseño e instalación, y normalmente ofrece también contratos de operación o de apoyo técnico. Estos sistemas son apropiados para servir al equivalente de 50 - 5000 familias.

Estos sistemas normalmente son de tratamiento por lodos activados, pero algunos vendedores ofrecen sistemas más sencillos. Las ventajas de estos sistemas es que normalmente ocupan poco espacio físico, y ahorran costos de diseño y construcción. Las desventajas son que, cuando son de lodos activados, requieren operación y mantenimiento más complejo y costoso que otras opciones, y normalmente son menos flexibles que otras opciones.

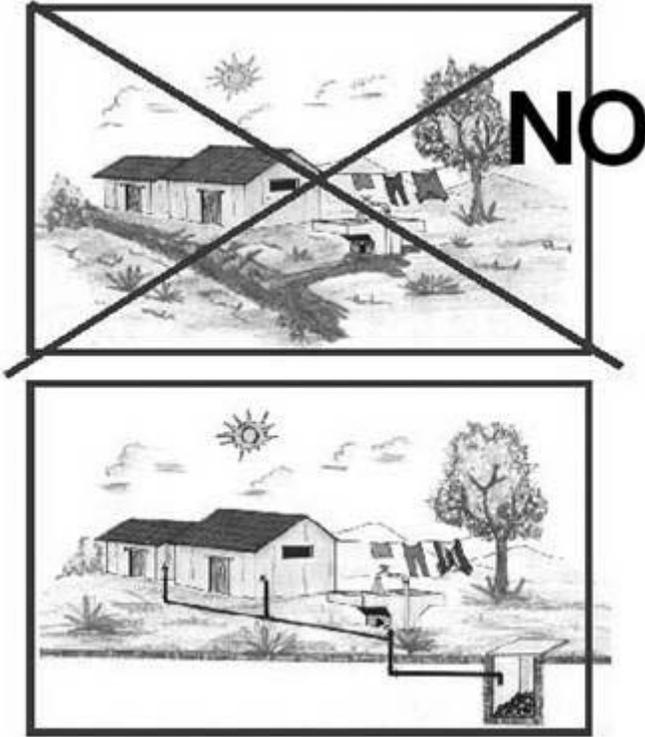
#### 3.2.1.7 Sumidero o zanja para aguas grises

Las aguas grises son aguas residuales de uso doméstico, excluyendo las heces de los inodoros (lavado de ropa, cocina, etc.). Las aguas grises no presentan riesgos tan graves para la salud, como las aguas que contienen excretas.

Las aguas grises pueden ser dirigidas a una zanja de absorción o dirigidas a un sumidero (fosa de absorción). Es importante colocar una trampa de grasas entre la cocina y la fosa o zanja de absorción para que la grasa no obstruya el flujo de agua. Sin la trampa de grasas, una fosa de infiltración puede quedar obstruida en pocos meses.

## SUMIDEROS

Se conoce como **aguas grises** a todas aquellas que son producto del lavado de ropa y trastos, así como de las regaderas.



Para evitar problemas de contaminación en la comunidad y poner en riesgo la salud de las personas es necesario eliminar los criaderos de zancudos y mosquitos, para evitar la transmisión de enfermedades.

Esto se logra canalizando adecuadamente las aguas grises o servidas hacia pozos de absorción o sumideros, dependiendo de la capacidad de filtración del suelo.

El **sumidero** es un hoyo cuadrado que varía de 50 centímetros a 1 metro por lado, dependiendo del tipo de suelo, éste está lleno con piedras grandes y pequeñas, procurando que quede espacio suficiente para que se filtre el agua y no se rebalse el hoyo.

El único **mantenimiento** que hay que hacerle al **sumidero** es revisar que el agua se esté filtrando en la tierra, si éste se rebalsa sellar con una tapadera de concreto y construir otro.

*Fuente: Catholic Relief Services (CRS).*

### 3.2.2 Operación y Mantenimiento de Sistemas Individuales

Es importante que los usuarios y operadores de los sistemas individuales tengan los conocimientos y la vigilancia para operar los sistemas adecuadamente. Se debe planificar monitoreo y educación periódica para asegurar que los usuarios entienden y aplican el buen manejo de sus sistemas. Aspectos importantes de la operación y mantenimiento de los sistemas mencionados se resumen abajo:

#### 3.2.2.1 Letrina abonera seca familiar (LASF)

- 1) Cada vez que se usa, echar ceniza producto de la estufa, o tierra seca mezclada con cal, como desecante y esterilizante de patógenos.
- 2) Cada ocho días, lavar la taza con detergente o ceniza.
- 3) Cada ocho días mover las excretas con ceniza para mejorar la mezcla de estos.
- 4) Cada 6 meses (aproximadamente - cuando una recámara se ha llenado) alternar recámaras: la taza correspondiente se sella, abriéndose la segunda para comenzar a ser utilizada. Mezclar bien el contenido de la recámara llena, y esperar un mes para dejar tiempo para reducción de patógenos con la acción de la cal. Se procede a vaciar

la cámara llena, se seca su contenido por 9 meses, y luego se le puede utilizar como abono de cierta calidad.

#### 3.2.2.2 Letrina abonera solar

- 1) Cada vez que se usa, echar ceniza producto de la estufa, o tierra seca mezclada con cal, como desecante y esterilizante de patógenos.
- 2) Cada ocho días, lavar la taza con detergente o ceniza.
- 3) Cada ocho días jalar las excretas hacia la parte de atrás para que se sequen
- 4) Cada 3 meses (aproximadamente), vaciar lodos secos de la parte de atrás, secar su contenido por 9 meses adicionales, y luego se le puede utilizar como abono de cierta calidad.

#### 3.2.2.3 Letrinas de fosa ventilada

- 1) Una vez a la semana, echar ceniza a las excretas.
- 2) Cuando la fosa se ha llenado (cada 3-5 años), sellarla y proceder a la excavación de una fosa nueva en otro lugar del terreno.

#### 3.2.2.4 Letrinas con sello hidráulico

- 1) En caso de sistema con dos fosas, cuando una fosa se ha llenado (cada 2-4 años), esperar un mínimo de 1 año a que se mueren los patógenos, y se procede a vaciar la cámara llena, se seca su contenido por varios meses (dependiendo de condiciones locales), y luego se le puede utilizar como abono de cierta calidad.
- 2) En caso de sistema con una fosa, vaciarlo con equipo mecanizado, tomando precauciones de manejo de lodos con patógenos vivos.

#### 3.2.2.5 Inodoro con agua, tanque séptico y fosa o campo de absorción

El mantenimiento del tanque séptico es relativamente sencillo. Consiste en:

- 1) Cada 6 meses: medir los niveles de lodos, y limpiar la trampa de grasas
- 2) Cada 1 a 5 años: extraer los lodos con equipo mecanizado, tomando precauciones de manejo de lodos con patógenos vivos.
- 3) Tratar los lodos de una forma adecuada (ref. sección de tratamiento de lodos).
- 4) Cada 6 meses: revisar que el agua se esté filtrando en la tierra.
- 5) En caso de sumidero, si se esta rebalsando, sellarlo y construir otro. En caso de zanja, destapar zanja y remover plantas cuyas raíces pueden tapan el flujo de agua.

#### 3.2.2.6 Sistemas de tratamiento “paquete”

Cuando los sistemas son de lodos activados, necesitan una vigilancia diaria por personal calificado. Requiere gastos en energía, personal de mantenimiento tecnificado. Es preferible que el proveedor del paquete provea este servicio. Cuando el sistema es de otro tipo, refiérase a la sección correspondiente.

3.2.2.7 Sumidero o zanja de absorción para aguas grises

- 1) Cada 6 meses: revisar que el agua se esté filtrando en la tierra.
- 2) En caso de sumidero, si se esta rebalsando, sellarlo y construir otro.  
En caso de zanja, destapar zanja y remover plantas cuyas raíces pueden tapar el flujo de agua.

**3.3 Sistemas de Alcantarillado**

Cuando se determina que sistemas individuales no son aptas para controlar la contaminación del ambiente y el peligro a la salud, sistemas de alcantarillado son utilizados para conducir las aguas de lluvia hacia cuerpos de agua y aguas residuales de viviendas, establecimientos comerciales e industrias, hacia plantas de tratamiento (en un mundo ideal) y después descarga en un cuerpo receptor o re-uso adecuada del agua.

**3.3.1 Tipos de Alcantarillado**

Los cuatro tipos de alcantarillado se resumen en el Cuadro 4.

**Cuadro 4: Comparación de Cuatro Tipos de Alcantarillado**

<i>Tipo de Alcantarillado</i>	<i>Tipo de agua que lleva</i>	<i>Diámetros de tubería</i>	<i>Tratamiento de agua</i>
Alcantarillado pluvial	Agua de lluvia, lavado de calles	12” - 72”	Nada requerido en Centroamérica, pero si es posible detención y filtración con grava o una capa de grama es recomendable.
Alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos (de flujo decantado)	Aguas efluentes de fosas sépticas, de origen doméstico, comercial e industrial.	2” - 10”	Tratamiento para reducir patógenos, sedimentos, y material disuelto (los sólidos se remueven antes de descarga al alcantarillado).
Alcantarillado sanitario, simplificado (condominial)	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, una porción de infiltración	4” - 10”	Tratamiento para remover sólidos, reducir patógenos, sedimentos, y material disuelto.
Alcantarillado sanitario convencional	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, una porción de infiltración	6” - 200”	Tratamiento para remover sólidos, reducir patógenos, sedimentos, y material disuelto.
Alcantarillado combinado	Agua lluvia y aguas residuales	12” - 200”	Tratamiento para reducir patógenos, sedimentos, y material disuelto. Se complica y encarece el tratamiento por el volumen de caudal.

3.3.1.1 Alcantarillado Pluvial

Los sistemas de alcantarillado pluvial sirven específicamente para transportar el agua de lluvia, el lavado de calles y otras aguas superficiales hasta los

puntos de disposición. Para introducir el agua de lluvia al sistema de alcantarillado pluvial se utilizan los sistemas de tratantes (de rejilla o de acera).

### 3.3.1.2 Alcantarillado Sanitario sin Arrastre de Sólidos

El alcantarillado sin arrastre de sólidos (también conocido como alcantarillado de pequeño diámetro, o alcantarillado de flujo decantado) puede considerarse una combinación de un sistema de eliminación individual y un sistema de alcantarillados para transportar el agua residual. Este sistema esta conformado por una fosa séptica en cada vivienda y luego un sistema de tubería de PVC que conduce las aguas pre-tratadas a un tratamiento secundario.

La principal ventaja de este tipo de sistema es que puede ahorrar costos de significantes en construcción del sistema de alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales, particularmente en áreas planas y donde ya existen algunas fosas sépticas; el alcantarillado requiere poco pendiente, así que las excavaciones requeridos son menos profundos que alcantarillado convencional, y se reduce la necesidad de bombeo.

*El alcantarillado sin arrastre de sólidos y alcantarillado simplificado reducen los costos de construcción de los sistemas.*

La principal desventaja de este tipo de sistemas es la dependencia de una operación eficiente de los tanques sépticos y su control permanente. Los usuarios deben extraer los lodos secos en forma periódica y depositarlos en sitios adecuados. La falta de mantenimiento en las fosas sépticas puede provocar problemas de obstrucción en las tuberías. Otro problema que se ha experimentado en la práctica es el de conexiones ilegales; las plantas de tratamiento de estos diseños no están diseñados para manejar aguas residuales con sólidos.

### 3.3.1.3 Alcantarillado Simplificado (o Condominial)

Alcantarillado simplificado, o condominial, utiliza tubería de pequeño diámetro, a bajos gradientes (de 0.5%), pero manejando aguas residuales municipales sin pre-tratamiento. Se utiliza cajas de revisión simplificados, y se instala la tubería bajo las veredas en vez de la calle para reducir costos. Este tipo de alcantarillado ha sido más utilizado en Brasil. *Precaución: los sistemas deben ser debidamente diseñados por ingenieros, preferiblemente con experiencia en el sistema, lo cual hay poco en Centroamérica.*

La principal ventaja de este tipo de sistema es que puede ahorrar un 20% a 60% de los costos de construcción del sistema de alcantarillado<sup>11</sup>. Otra ventaja es que se tiende a cubrir un mayor porcentaje de la población, con una

---

<sup>11</sup> Simplified Sewerage, School of Civil Engineering, University of Leeds, UK, January 2001; also "Case Study: The Construction of Low-Cost Sewerage Systems in Tegucigalpa, A Feasible Solution of the Urban Poor, June, 1998  
<http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/Sewerage/articles/honduras.pdf>

filosofía de dar cobertura a 100%, a comparación al 20% de cobertura que dan algunos sistemas de alcantarillado convencional.

La principal desventaja de este tipo de sistemas es que requiere un cuidado por los usuarios y un atención a operación y mantenimiento más fuerte que el alcantarillado sanitario. En el concepto original de los sistemas, los usuarios se encargaban de la operación y mantenimiento, pero la experiencia ha demostrado que el pagar a operadores es más eficaz<sup>12</sup>.

#### 3.3.1.4 Alcantarillado Sanitario Convencional

Las redes de alcantarillado sanitario conducen principalmente las aguas residuales domésticos. Pueden recibir algunos desechos industriales; pero no esta diseñada para las aguas de lluvia. Dentro de un sistema de alcantarillado sanitario se debe de tratar de unificar las descargas de las aguas residuales en el menor número posible, dirigidos a su complemento final: tratamiento de las aguas residuales, para proteger la salud y el ambiente.

#### 3.3.1.5 Alcantarillado Combinado

Los alcantarillados combinados conducen las aguas negras como el agua de lluvia. El costo de construir este tipo de sistemas es mucho menor que el de construir un sistema separado. Su complicación es que el implementar un sistema de tratamiento es sumamente complicado y costoso.

Es por esta razón que no se recomienda la construcción de un sistema de alcantarillado combinado. Este tipo de sistema ya no es utilizado para sistemas nuevos.

### **3.3.2 Bombeo**

Para sistemas de alcantarillado sanitario, es siempre mejor evitar el bombeo, planificando la ubicación del tratamiento y las redes del sistema para aprovechar de pendientes naturales. Sin embargo, a veces es necesario una estación de bombeo para trasladar el agua residual de un punto bajo a otro mas alto.

Aspectos importantes para tomar en cuenta para un sistema de bombeo de aguas residuales son:

- El equipo de bombeo debe tener un recubrimiento especial para evitar la corrosión de las piezas de metal.
- La necesidad de construir un tanque de almacenamiento; estos son necesarios para el funcionamiento eficiente de las bombas, pero, debido al tiempo que pasa el agua estancada, se inicia un proceso de descomposición del agua lo que provoca malos olores.
- Se debe de considerar el costo de limpieza del tanque de almacenamiento debido al proceso de sedimentación que se da.

---

<sup>12</sup> “Introduction to Low Cost Sanitation”, Leeds University, <http://www.sanicon.net/titles>

- El costo de operación y mantenimiento del sistema es sumamente alto con relación a un sistema por gravedad.
- Se debe de contemplar dentro del proyecto un sistema de bombeo de emergencia en caso la bomba principal sufra algún daño.

### 3.3.3 Operación y Mantenimiento de Redes

Si no se da un mantenimiento adecuado a las redes de alcantarillados (sanitarios y pluviales), estos pueden fallar y causar inundaciones. Cada proyecto de alcantarillado debe traer su propio manual de operación y mantenimiento, el cual debe de ser elaborado por un profesional experto en la materia (ingeniero sanitario o ingeniero civil con experiencia en proyectos de este tipo).

Para lograr que la actividad de operación y mantenimiento sea constante, la municipalidad debe de asignar fondos específicos para la realización de esta. Estos fondos deben de contemplar como mínimo los siguientes renglones:

- Pago y entrenamiento de personal operativo; como mínimo una cuadrilla de 4 peones más el encargado.
- Pago de personal administrativo
- Equipo de protección del personal; como mínimo: casco protector, botas y guantes de hule, mascarillas protectoras, pala y piocha.
- Materiales y herramienta necesarios.

La operación del sistema consiste en realizar toda aquella actividad de rutina. El mantenimiento del sistema significa realizar todas aquellas actividades que permitan funcionar en forma adecuada el sistema construido. El mantenimiento lo podemos dividir en dos partes, detallados en el Cuadro 5: mantenimiento preventivo (antes de que fallas ocurren) y mantenimiento correctivo (reparación y corrección).

Para el equipo de mantenimiento, es importante tener *mapas* actualizadas del sistema para poder localizar pozos de acceso, saber el tamaño y composición de la tubería, determinar la dirección del corriente, conocer la profundidad de los pozos de acceso y de las alcantarillas, facilitar las reparaciones, y poder anotar y planificar acciones correctivas para líneas que dan problemas con frecuencia.

Particularmente para el equipo de trabajo de los sistemas de alcantarillado, la seguridad es sumamente importante. Refiérase a sección de seguridad al final de este capítulo.

**Cuadro 5: Actividades de Mantenimiento de Alcantarillado Sanitario**

<i>Problema</i>	<i>Acciones Preventivos</i>	<i>Acciones Correctivos</i>
Descarga excesivo de aguas lluvias (ilícita o accidental)	Localizar y desconectar, o requerir desconexión de descargas de aguas lluvia al sistema de alcantarillado sanitario.	
Obstrucción de la línea con grasa	Instalar, o requerir instalación de, trampas de grasas en establecimientos tales como restaurantes, lavanderías y garajes. Limpiar las trampas regularmente.	Limpiar registros y líneas mecánicamente o con químicos.
Obstrucción de la línea con arena	Instalar, o requerir instalación de, trampas de arena en establecimientos tales como gasolineras y lavadores de carros. Limpiar las trampas regularmente	Limpiar registros y líneas
Falla en la línea	Buena vigilancia de nuevas instalaciones.	Reparar la falla
Obstrucción de la línea con hojas, ramas, otros objetos	Localizar y desconectar, o requerir desconexión de descargas de aguas lluvia al sistema de alcantarillado sanitario. Limpiar registros y líneas antes de inicio de época lluviosa.	Limpiar registros y líneas.

### 3.4 Tratamiento de Aguas Residuales

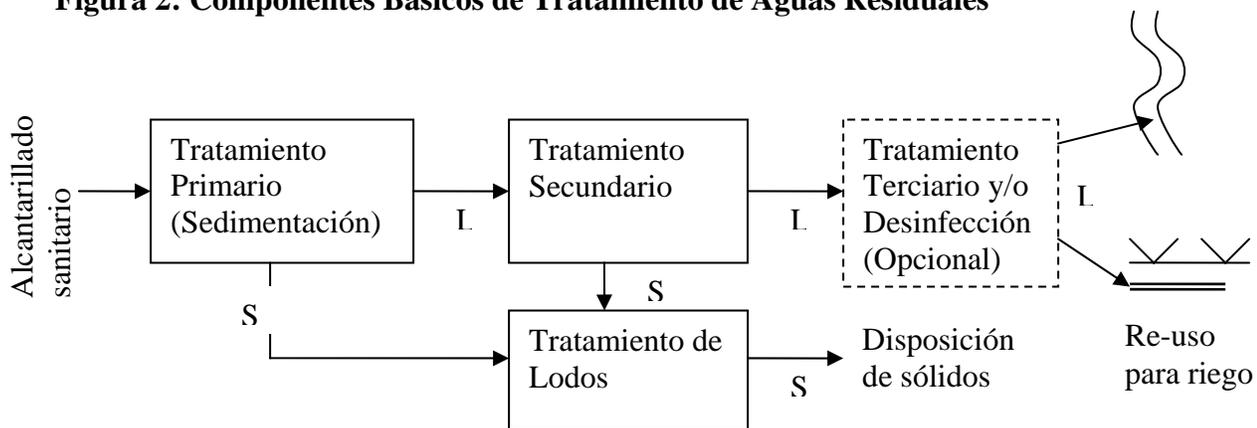
Al final del alcantarillado sanitario, es importante ubicar una planta de tratamiento. Para escoger el tipo de tratamiento, es importante considerar:

- Las leyes nacionales
- Las metas de protección de *la salud* y el ambiente (podrían ir más allá que la ley)
- Factores económicos; recuperación de costos de construcción y operación
- Terrenos disponibles / valores de terrenos
- Capacidades de operación y mantenimiento

*En el Lago Izabal, Guatemala, la infestación de una planta acuática, la Hydrilla verticillata, se volvió amenaza pública a mediados de 2002. Esta planta es alimentada por nutrientes provenientes de residuos municipales y del sector productivo.*

Las clasificaciones de tipos de tratamiento se resumen en el Cuadro 6. El nivel de tratamiento recomendable dependerá del deseado uso final de las aguas tratadas y también se relacionará con la economía. Por ejemplo, si el agua tratada se utilizará para riego, los nutrientes (nitrógeno y fósforo) son un beneficio, y es mejor no removerlos del agua. Es recomendable considerar y planificar incluir espacio físico para ampliaciones de la planta de tratamiento para acomodar un incremento en el caudal o nivel de tratamiento en el futuro.

**Figura 2: Componentes Básicos de Tratamiento de Aguas Residuales**



S = porción sólido (Nota: los “sólidos de los procesos contienen mas de 80% agua)  
 L = porción líquido

**Cuadro 6: Clasificaciones de Tratamiento de Aguas Residuales**

Clasificación	Descripción
Tratamiento Preliminar o Pre-Tratamiento	Es el conjunto de unidades que tienen como finalidad de eliminar materiales gruesos, que podrían perjudicar el sistema de conducción de la planta. Las principales unidades son las rejillas y el desarenador.
Tratamiento Primario	La finalidad de este es remover sólidos suspendidos removibles por medio de sedimentación, filtración, flotación y precipitación.
Tratamiento Secundario	La finalidad de este es remover material orgánico en suspensión. Se utilizan procesos biológicos, aprovechando la acción de micro-organismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aeróbicos (en presencia de oxígeno) y los anaeróbicos (en ausencia de oxígeno).
Tratamiento Terciario	Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-química-biológica alta para cuerpos de agua receptores sensibles o ciertos tipos de re-uso. Normalmente se trata de remover nutrientes (nitrógeno y fósforo) del agua, porque estos estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas.
Desinfección	Es el tratamiento adicional para remover patógenos.
Tratamiento de lodos	Es el tratamiento de la porción “sólida” (actualmente, más de 80% agua) removido del agua contaminada. La finalidad del proceso es de secarlo y tratarlo con una combinación de tiempo y temperatura para matar los patógenos.

### 3.4.1 Pre-Tratamiento

#### 3.4.1.1 Canal de Rejas (pre-tratamiento)

Tiene como objetivo la remoción de los materiales gruesos, los cuales podrían perjudicar el sistema de conducción de la planta. Está formada por barras separadas en claros libres entre 1.0 y 5.0 centímetros, comúnmente 2.5 centímetros y colocadas en un ángulo de 30 y 60 grados respecto al plano horizontal. Los sólidos separados por este sistema son finalmente eliminados enterrándolos o incinerándolos.

### 3.4.1.2 Desarenador (pre-tratamiento)

El sistema más utilizado para extraer la arena que va dentro de las aguas residuales es el desarenador rectangular de flujo horizontal. Los sólidos inorgánicos como arenas, cenizas y grava, a los que se les denomina como “arenas” varían en cantidad, dependiendo de factores como geología, y si la red de alcantarillado es sanitaria o combinada (la combinada contiene más arena y grava). Las arenas pueden causar serias dificultades operatorias en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos, por acumularse alrededor de las tuberías de entrada causando obstrucción.

El desarenador está conformado por una caja o canal, en donde las partículas se separan del líquido por gravedad. Normalmente se construye dos en forma paralela, con la intención de dejar funcionando un canal mientras el otro se limpia.



*Pre-tratamiento, Santa Ana del Norte, El Salvador; foto cortesía de Julian Monje*

### 3.4.1.3 Medición de Caudal (pre-tratamiento)

Para un adecuado control de un sistema de tratamiento, es necesario conocer el caudal que ingresa a la planta. Existen varias opciones para la medición de los caudales, incluyendo:

- 1) equipo eléctrico que trabaja por medio de sensores: puede registrar automáticamente las variaciones de caudal.
- 2) vertederos en canales, como el vertedero Sutro o el canal Palmer Bowls o Parshall; la ventaja de este tipo de sistemas es que no utilizan energía para su funcionamiento y solamente dependen de la lectura periódica del operador del sistema.



*Medición de caudal con vertedero  
Suchitoto, El Salvador  
Foto Cortesía de Doreen Salazar*

### 3.4.1.4 Bombeo

Igual que para sistemas de alcantarillado sanitario, es siempre mejor evitar el bombeo dentro de una planta de tratamiento, aprovechando de pendientes naturales. Sin embargo, a veces es necesaria una estación de bombeo; lo más común es la necesidad de elevar el agua de entrada de la planta (después de las rejas y desarenador idealmente para proteger las bombas) o a la salida de la planta para la descarga final.

### **3.4.2 Tratamiento Primario**

#### 3.4.2.1 Fosa Séptica (tratamiento primario)

Estos dispositivos combinan los procesos de sedimentación y de digestión anaerobia de lodos; usualmente se diseñan con dos o más cámaras que operan en serie. En el primer compartimiento se efectúa la sedimentación, digestión de lodos y su almacenamiento. Debido a que en la descomposición anaerobia, se produce gases que suspenden a los sólidos sedimentados en la primera cámara, se requiere de una segunda cámara para mejorar el proceso, evitando que los sólidos sean arrastrados con el efluente. Dicho efluente se encuentra en condiciones sépticas y aun lleva consigo un alto contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, por lo que requiere un tratamiento posterior.

#### 3.4.2.2 Tanques Imhoff (tratamiento primario)

Es una unidad de confinamiento de sedimentación de dos niveles. Se le utiliza como estanque de sedimentación y cámara de digestión. El Tanque Imhoff es una unidad compacta, cuyo estanque de sedimentación está ubicado sobre una cámara de digestión. El material que se sedimenta se desvía para que pueda deslizarse directamente hacia la región de digestión. El dispositivo de retención en la superficie de deslizamiento impide que el gas ascienda y altere el proceso de sedimentación. Los Tanques Imhoff se construyen con perfiles circulares y cuadrados.

Para comunidades de 5,000 habitantes o menos, los Tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas; tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso correcto se requiere que las aguas residuales pasen por el proceso de cribado y remoción de arena. Son convenientes en climas calurosos pues esto facilita la digestión de los lodos. En la selección de esta unidad de tratamiento se debe de considerar que los Tanques Imhoff pueden producir olores desagradables.

#### 3.4.2.3 Sedimentadores Primarios (primario o primario avanzado)

A diferencia de la fosa séptica y los Tanques Imhoff, en estas unidades no se trata los lodos por lo que los lodos necesitan de tratamiento adicional. Estas unidades pueden ser redondos o rectangulares, y tienen como función la reducción de los sólidos suspendidos, grasas y aceites de las aguas residuales. Las eficiencias esperadas son del 55 % de los sólidos. Cuando se utilizan coagulantes, por ejemplo sulfato de aluminio, cloruro férrico o sulfato férrico, para aumentar la eficiencia del sistema, este es considerado tratamiento primario avanzado.

3.4.2.4 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, o RAFA (primario avanzado)

El reactor es de flujo ascendente y en la parte superior cuenta con un sistema de separación gas-líquido-sólido, el cual evita la salida de los sólidos suspendidos en el efluente y favorece la evacuación del gas. Las unidades son tapadas para facilitar la recolección del gas que se genera en este proceso anaerobio. Los puntos débiles del proceso son la lentitud del proceso de arranque del reactor, necesidad de uniformar el caudal, necesidad de corrección de pH continua, y que se necesita mas cuidado para su buen operación que algunas alternativas.

**3.4.3 Tratamiento Secundario**

3.4.3.1 Filtro anaerobio (secundario)

Consiste en un reactor de flujo ascendente empacado con soportes plásticos o con piedras de 3 a 5 centímetros de diámetro promedio. Desafortunadamente, los diseños que se han utilizado con frecuencia en Centroamérica tienden a resultar en una distribución desordenada del soporte, y por lo que las purgas del todo no son efectivas, se ha provocado una acumulación lenta pero constante de biomasa que con el tiempo ha creado problemas de tapo-namiento en la aplicación de este proceso. En cambio, estos filtros han funcionado muy bien en Brasil, y se ha comprobado unos filtros para casas individuales pre-fabricados por el Instituto Tecnológico de Costa Rica.

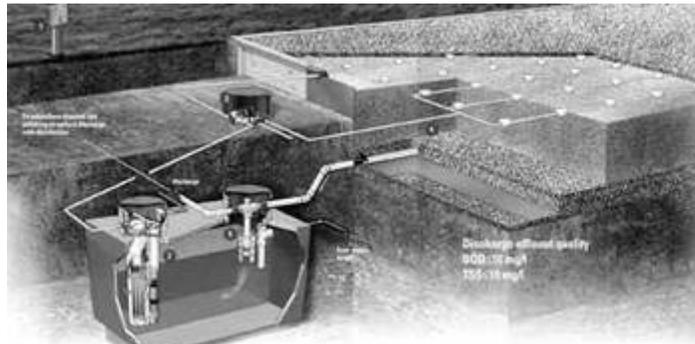
3.4.3.2 Filtros percoladores, o “biofiltros” (primario avanzado o secundario)

Consiste de un tanque rectangular o redondo, relleno de medio (piedras u otro material); el agua es distribuido arriba del medio, y baja a gravedad por el. Una sustancia viscosa y gelatinosa conteniendo bacterias y otro tipo de microorganismos se forma en la superficie del medio una vez que el filtro se encuentra operando; esta capa es la que actúa para remover sustancias orgánicas del agua. El efluente del filtro deberá pasar a través de un clarificador secundario para coleccionar la biomasa desprendida, y la sedimentación primaria es necesaria antes de los filtros para minimizar los problemas de obstrucción. Los filtros usados en Centroamérica se pueden dividir en dos categorías:

- Bajo volumen, de piedra; estos son los filtros más comunes en Centroamérica. No hay recirculación del agua, y si esta ubicado en un terreno de pendiente, se construyen plantas que operan a gravedad.

*Buenos ejemplos de biofiltros de piedra son Suchitoto y San Juan Talpa en El Salvador. Buenos ejemplos de filtros de alto volumen son Puerto Barrios, Guatemala y La Unión, El Salvador.*

- Alto volumen, de grava o plástico; Estos normalmente incluyen recirculación (de uno a cuatro veces el caudal de entrada). Las ventajas de estos sobre los de bajo volumen son que ocupan menos espacio físico, tienen un nivel de tratamiento de agua más alto, tienen más flexibilidad de operación, y tienen menos tendencias a infestaciones de moscas que los de piedra. La desventaja es que requieren electricidad y bombeo.



*Diagrama de Filtro de Arena de Alto Volumen Utilizado en Puerto Barrios, Guatemala, Cortesía de Orenco Systems, Oregon, EEUU*

### 3.4.3.3 Lagunas de Estabilización (primario, secundario, y terciario)

Se conoce con este término a cualquier laguna o estanque o grupo de ellos, proyectado para llevar a cabo un tratamiento físico (sedimentación), biológico, y hasta químico (desinfección). Existen diversos tipos de lagunas dependiendo de sus características; pueden ser:

- Lagunas Anaerobias; Generalmente se usan como una primera depuración o pre-tratamiento. Se puede considerar como un digestor, ya que se aplican cantidades de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen de manera tal que prevalezcan las condiciones anaerobias, es decir la ausencia de oxígeno. Una desventaja de este tipo de lagunas es que pueden producir malos olores esporádicamente, principalmente debido a variaciones bruscas de temperatura, lo cual impide su localización en lugares cercanos (500m) de zonas habitadas. Generalmente son estanques profundos de 3 a 5 metros de profundidad. Si el afluente tiene alto contenido de sulfatos, los olores pueden ser fuertes, y se recomienda evitar el uso de lagunas anaerobias.
- Lagunas Facultativas; Es una combinación de áreas con y sin oxígeno. Se diseñan con una profundidad variando normalmente entre 1.5 a 2.0 metros y una cantidad de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen que permita el crecimiento de organismos aeróbicos y facultativos (estos últimos pueden reproducirse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno). Es el tipo de lagunas más usado por su flexibilidad; requieren menos terreno que las aerobias y no producen los posibles olores de las anaerobias. Como en todos los procesos biológicos, un factor que afecta la eficiencia es la temperatura.
- Lagunas Aerobias; Como su nombre lo indica, son lagunas que operan en presencia de aire. Son de poca profundidad, no más de 80 cm., lo que propicia la proliferación de algas, que suministran una buena parte del oxígeno necesario. No pueden ser utilizados para aguas residuales crudas porque estas tienen un  $DBO_5$  demasiado alto; requieren un pre-tratamiento primario. Se logran eficiencias de  $DBO_5$  de 65 % a 75 %. Su desventaja

*principal es la cantidad de terreno que requieren. Se pueden cubrir lagunas con plantas acuáticas, las cuales sustituyen las algas en proveer oxígeno al ambiente, pero es necesario entonces tener un programa de cosecha de las plantas, o pueden crear un problema.*

- ***Lagunas de Maduración;*** Estas lagunas son usadas para efluentes de lagunas facultativas o aerobias con la principal finalidad de reducir coliformes fecales, huevos de helmintos y quistes de protozoarios. ***La eficiencia de lagunas en eliminar patógenos a bajo costo es un importantísimo razón para escoger lagunas para aplicaciones en Centroamérica cuando las condiciones lo permiten.***

#### 3.4.3.4 Humedales (secundario y terciario)

Estos son una adaptación de lagunas, usando plantas acuáticas en vez de algas para proveer oxígeno a las bacterias. Para evitar el problema potencial de que las plantas pueden servir como eje indeseable para que los mosquitos se reproduzcan, se puede colocar piedras dentro del tanque y mantener el agua 10 centímetros bajo la superficie de estas piedras. Hay que tomar en cuenta que es necesario cosechar las plantas periódicamente, así que este sistema requiere más atención que las lagunas. Es mejor si se encuentra un uso comercial para las plantas (por ejemplo alimento para animales).

Ventajas de este sistema en comparación a lagunas son:

- Menos olores (se puede reducir la distancia a la población)
- Menos área requerida (y costo asociado de terreno y excavación)
- No algas en efluente, y remoción de fósforo

#### 3.4.3.5 Lodos Activados (secundario)

Este proceso es el más utilizado para plantas de tratamiento grandes en países económicamente avanzados. Es un proceso que requiere un alto nivel de energía y de control para su buena operación. El nombre de este proceso proviene de la producción de una masa “activada” (viva) de microorganismos capaz de estabilizar un residuo vía procesos aerobios. El proceso consiste en introducir el residuo orgánico en un reactor en donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión (líquido mezcla). El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de difusores o de aereadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido mezcla en estado de mezcla compuesta.

Después del reactor aerobio sigue un sedimentador secundario, lo cual remueve sólidos y las células de las bacterias. Una parte de las células sedimentadas se recirculan para mantener en el reactor la concentración de células deseadas, mientras que la otra parte se purga del sistema.

### **3.4.4 Tratamiento Terciario**

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una alta calidad físico-química-biológica, o sea, que son procesos por los cuales se le da un puli-

mento alto al agua. Las metas de tratamiento varían de acuerdo al reuso que se le pretenda dar a estas aguas. Normalmente el tratamiento terciario es para remover nutrientes (N, P) del agua. Se pueden usar lagunas con plantas acuáticas para esta función (ref. sección 3.4.3.4.).

Generalmente no se utiliza el tratamiento terciario para aguas residuales municipales, a menos que el reuso de las aguas tenga alguna aplicación en la industria y en algunos casos en protección de un área ecológicamente sensible.

### **3.4.5 Desinfección**

Cuando se descargan aguas residuales crudas o tratadas en cuerpos que van a utilizarse, o que pueden ser utilizados como fuentes de abastecimiento público o para propósitos recreativos, se requiere de un tratamiento suplementario para destruir los elementos patógenos, a fin de que sean mínimos los peligros para la salud debido a la contaminación de dichas aguas, al tratamiento se le conoce como desinfección.

Existen varios métodos de desinfección:

- Físicos: filtración, ebullición, rayos ultravioleta.
- Químicos: por la aplicación de cloro, bromo, ozono, etc.

La forma de desinfección de aguas residuales más aplicada en Centroamérica ha sido por medio de lagunas de maduración (tiempo más luz ultravioleta).

### **3.4.6 Tratamiento y Secado de Lodos**

Los lodos que se extraen de los procesos de pre-tratamiento, tratamiento primario y secundario, consisten de 80-99% de agua por peso, son donde se concentran los patógenos, y necesitan tratamiento o “estabilización” para:

- reducir patógenos
- eliminar olores ofensivos

El tratamiento de los lodos estabilizados consiste en aplicar químicos / o una combinación de tiempo / temperatura que asegure la remoción o transformación de los patógenos y de los componentes orgánicos que pueden causar malos olores. Los Tanques Imhoff y los RAFA incluyen en su diseño el tratamiento anaerobio de los lodos, los cuales salen ya “estabilizados”.

Una vez tratados, normalmente se utiliza un proceso para secar el agua excesiva de los lodos para facilitar su re-uso o disposición final.

#### ***3.4.6.1 Digestión Anaerobia***

La digestión anaerobia de los lodos es un proceso de descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular. El lodo crudo se introduce en un tanque cerrado, y en la que se libera gas (primariamente metano). El lodo se calienta por medio de un intercambio de calor

externo, normalmente utilizando el metano producido por el proceso como combustible.

#### 3.4.6.2 Tratamiento con Cal

Si los lodos son de poco volumen y falta espacio para la secada o esta muy cerca de una zona urbana, se puede optar por esterilización con alteración de pH, con cal. Se trata de elevar el pH de los lodos a pH 12 por 30 minutos.<sup>13</sup>

#### 3.4.6.3 Compostaje, particularmente co-compostaje con residuos orgánicos

Si se mezclan los lodos con basuras orgánicas en proceso de compostaje, la acción exotérmica (70°C) de las bacterias “pasteuriza” los lodos, liberándolos de los agentes patógenos.

#### 3.4.6.4 Patio de Secar

Esta es la forma de tratamiento de lodos más sencillo. El lodo tiene bastante contenido líquido. Se coloca el lodo en una plataforma de ladrillo. La base de esta plataforma de ladrillo es conformada por diferentes tipos de suelos cuya función es filtrar el residuo líquido de los lodos. Al fondo de estos materiales se coloca un sistema de drenaje que recolecta los fluidos y los conduce hacia el punto de descarga o infiltración. Después, por medio de radiación solar, se deshidrata los lodos hasta dejarlos en una forma sólida. Dependiendo del clima (temperatura solar, intensidad de lluvia, húmeda de los suelos, etc.) en donde es ubicado el sistema de tratamiento el período de secado de un patio de lodos varía de 3 a 6 meses.

### **3.4.7 Alternativas de Solución**

La preocupación por el deterioro de los recursos hídricos y el tratamiento de las aguas residuales no es nueva en Latinoamérica. Durante la primera mitad de este siglo se trató de emular la tecnología de los países desarrollados, con plantas de tratamiento primario, tratamiento secundario con filtros o lodos activados, y desinfección con cloro. Los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales, debido a su reducido período de retención hidráulico, son poco eficientes en la remoción de elementos patógenos. Por ende, para garantizar una adecuada calidad en el efluente, deben de complementarse con desinfección, lo que provoca que los costos de operación de este tipo de sistema sean sumamente altos.

Emulaciones de tecnologías de países desarrollados, particularmente los procesos de lodos activados y cloración, los cuales requieren altos costos de operación y mantenimiento, no han funcionado bien para los municipios de Centroamérica. La mayoría de plantas con estas tecnologías operaron sólo por períodos limitados y casi nunca se llevo a cabo la cloración de los efluentes. El manejo de los lodos se hizo en forma poca cuidadosa y con mucha frecuencia fueron descargados los mismos en los cuerpos de agua que

---

<sup>13</sup> Tchobanoglous, George y Burton, Franklin, Wastewater Engineering, Metcalf & Eddy, Third Edition, McGraw Hill Inc., 1991

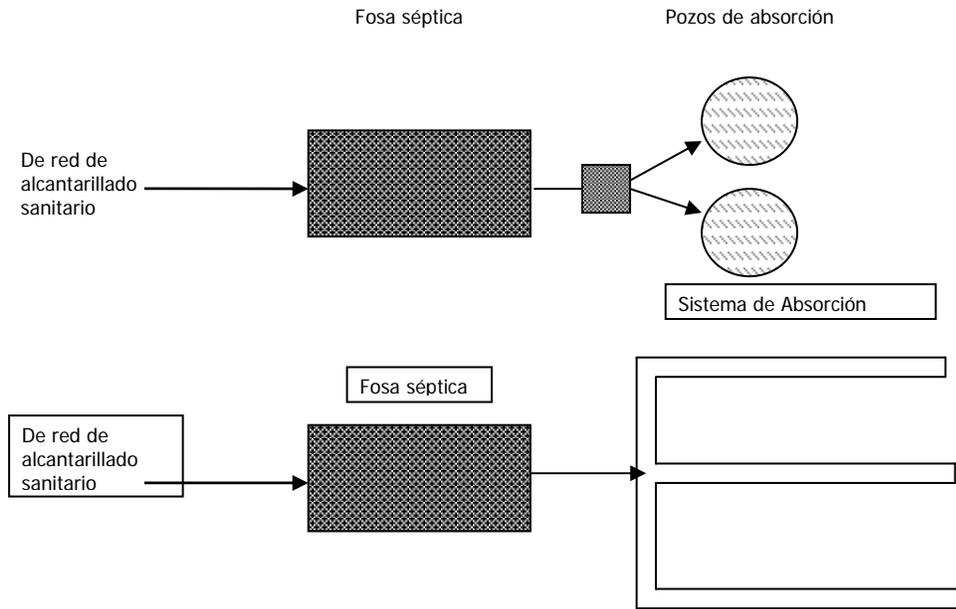
se quería proteger. Muchas plantas de tratamiento terminaron por abandonarse.

El fracaso en el medio centroamericano de las tecnologías que los países desarrollados se deben a razones sociales y económicas. Por esto, ahora los expertos de la región recomiendan el uso de tecnologías apropiadas, y el cambiar nuestra visión de las soluciones al problema: *primero en resolver los problemas de patógenos* (es decir el problema de salud), no por medio de cloración, si no por medio de retención de las aguas en lagunas, la forma preferible de tratamiento, por esta razón, cuando hay terreno disponible. Como las lagunas de estabilización demandan extensiones muy grandes, no de lagunas facultativas con lagunas anaerobias o con reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA), que reducen el requerimiento de terrenos.

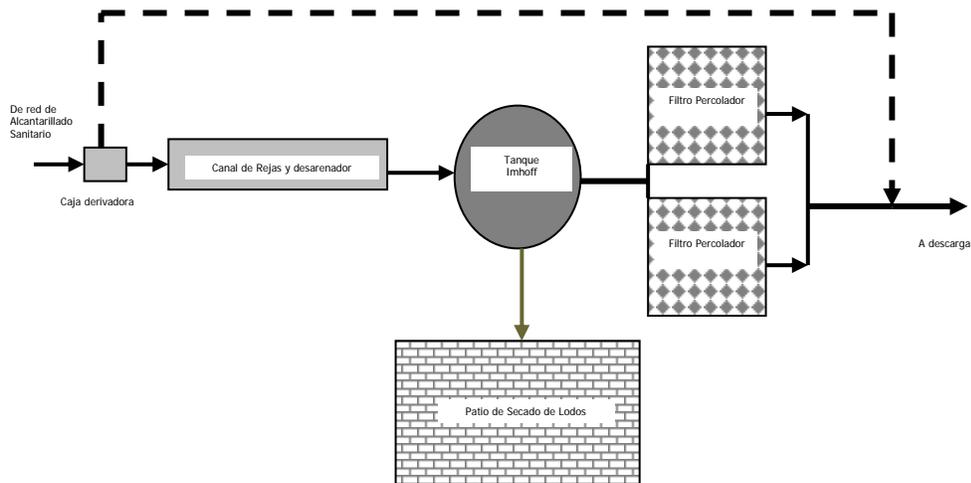
Una planta de tratamiento de aguas residuales normalmente consiste de varias unidades en conjunto. El cuadro 7 resume las consideraciones de las unidades de tratamiento más apropiados para incluir en plantas de tratamiento en la región. Las siguientes figuras representan las combinaciones de unidades de tratamiento que han sido aplicadas con más éxito en Centroamérica. Los cuadros 8 y 9 resumen ventajas y desventajas de estas combinaciones.

**Cuadro 7: Unidades de Tratamiento de Aguas Residuales**

<i>Unidad de Tratamiento</i>	<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Consideraciones</i>
Fosas Sépticas	Primario	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proceso de sedimentación y descomposición anaerobia. Los lodos salen estabilizados y digeridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debe de ir seguido por un tratamiento secundario o infiltración del efluente.</li> </ul>
Tanque Imhoff	Primario	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proceso de sedimentación y descomposición anaerobia.</li> <li>▪ Los lodos salen estabilizados y digeridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debe de ir seguido por un tratamiento secundario.</li> </ul>
Sedimentador Primario	Primario	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lodos no salen estabilizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debe de ser antecedido de una unidad de sedimentación</li> </ul>
Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)	Primario avanzado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proceso de sedimentación y descomposición anaerobia.</li> <li>▪ Produce lodos estabilizados y digeridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debe de ir seguido por un tratamiento secundario, por ejemplo lagunas (recomendado) o filtros percoladores (lo que ha sido mas aplicado en Centroamérica).</li> </ul>
Filtros Percoladores	Secundario	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funcionamiento por gravedad.</li> <li>▪ Proceso aerobio generando un comensalismo bacteriano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Va antecedido por sistema de sedimentación.</li> <li>▪ Si no existe un sitio con suficiente pendiente, bombeo es necesario</li> </ul>
Lagunas de Estabilización	Primario, Secundario y Terciario	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trabajan de forma anaerobia o facultativa, de acuerdo a sus dimensiones.</li> <li>▪ Produce lodo estabilizado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pueden se utilizadas como unidades individuales de tratamiento o como un solo sistema.</li> </ul>



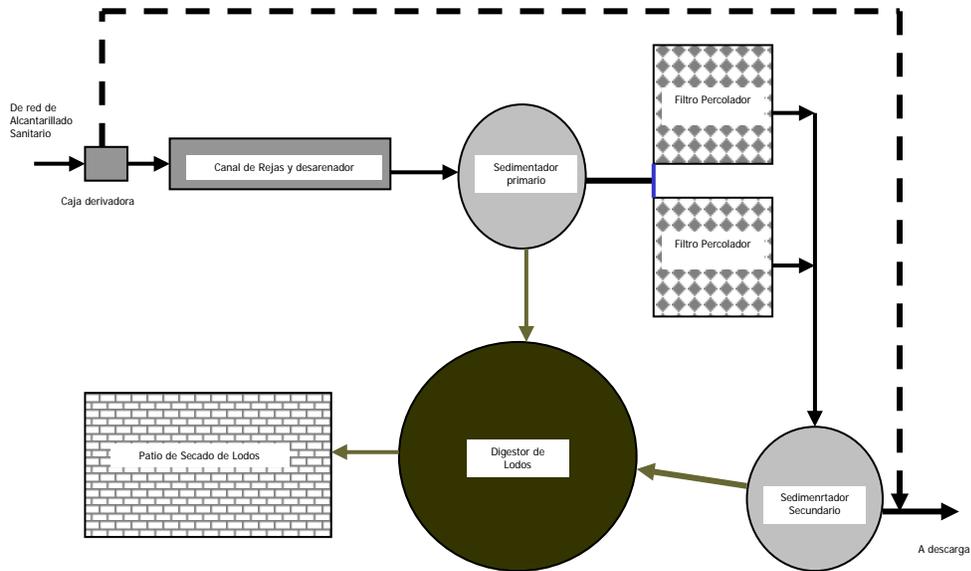
**Figura 3 - Fosa Séptica**  
Sistema de Absorción



**Figura 4 - Caja derivadora -**  
Canal de Rejas - Canal Desarenador -  
**Tanque Imhoff - Filtros percoladores -**  
Sedimentador secundario - Patio de secado de lodos

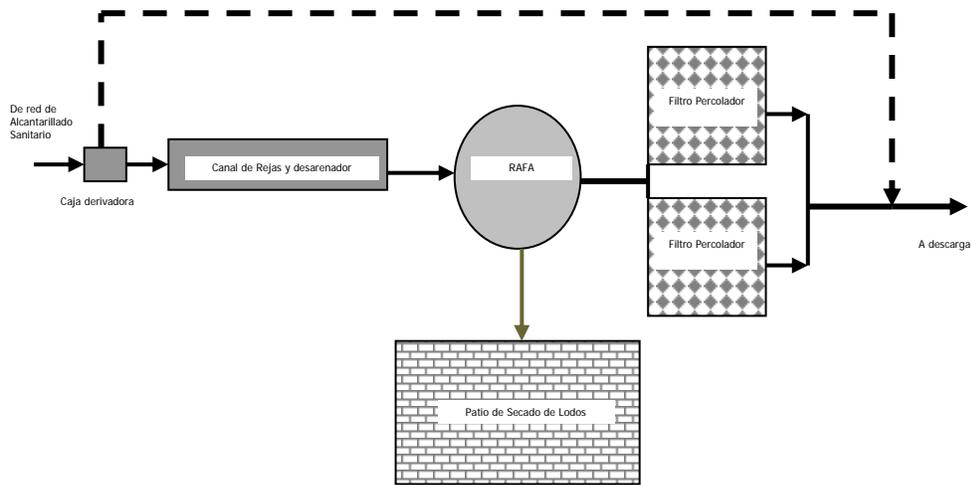
*San Juan Talpa  
El Salvador  
Foto cortesía de  
Julián Monje*





**Figura 5** - Caja derivadora

- Canal de Rejas
- Canal Desarenador
- Sedimentador primario
- Filtros percoladores**
- Sedimentador secundario
- Digestor de Lodos**
- Patio de secado de lodos

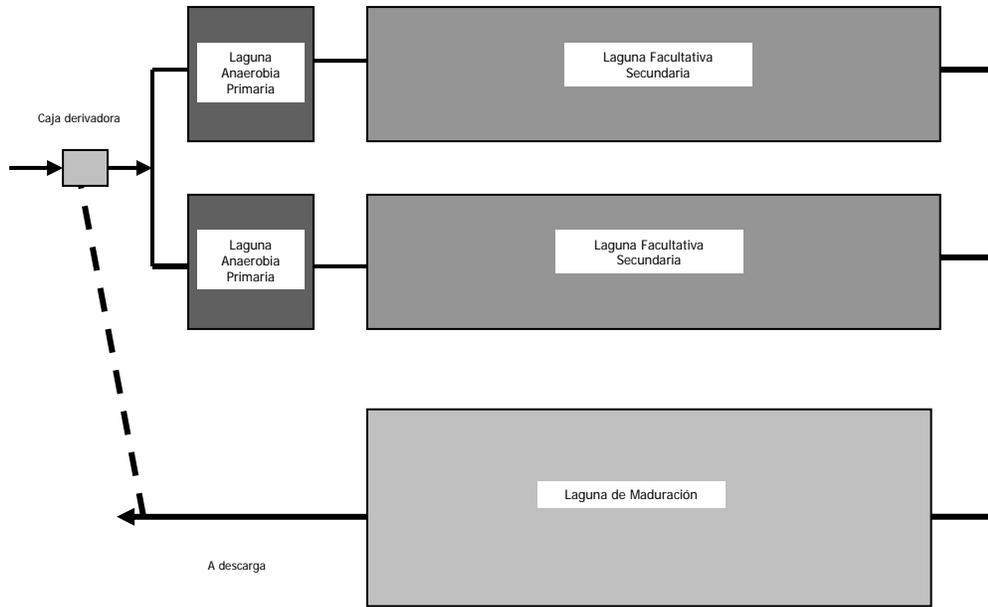


**Figura 6** - Caja derivadora

- Canal de Rejas
- Canal Desarenador
- RAFA**
- Filtros percoladores**
- Patio de secado de lodos



*Campos Verdes  
El Salvador  
Foto cortesía de  
Julián Monje*

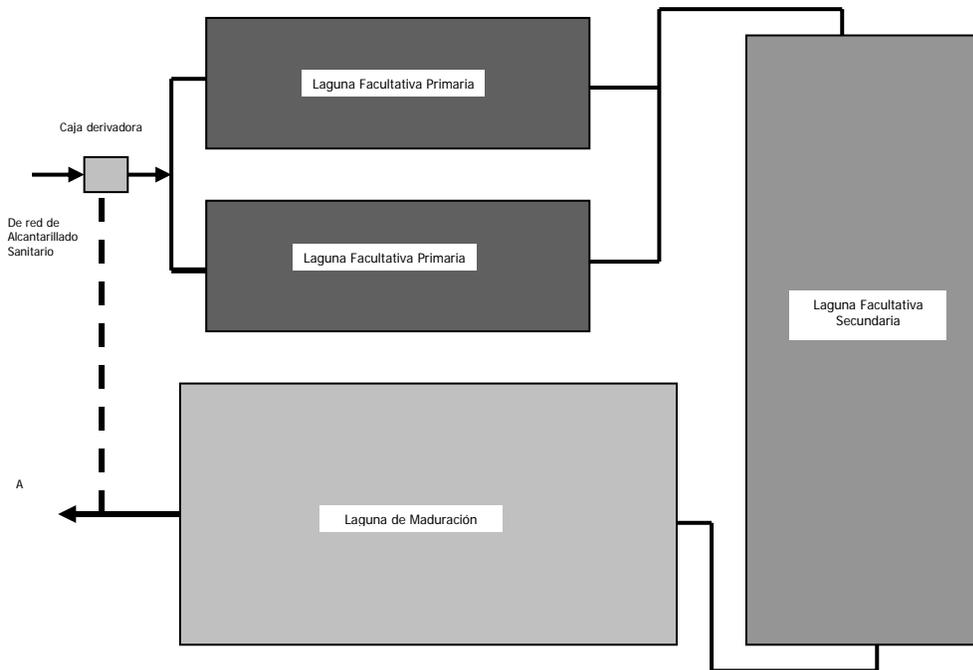


**Figura 7 - Lagunas Anaerobias primarias**  
 Laguna facultativa secundaria  
 Laguna de maduración



*Estanzuela, Guatemala*  
**Lagunas Facultativas**  
 Foto cortesía de Víctor Arriaza

**Figura 8 - Laguna facultativa primaria**  
 Laguna facultativa secundaria  
 Laguna de maduración



Cuadro 8 Consideraciones de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Más Utilizados en Centroamérica<sup>14</sup>

<i>Sistema de tratamiento</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Población</i>	<i>Eficiencia</i>
<b>Fosa Séptica</b> Sistema de Absorción	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ No contamina cuerpo de agua debido a que se infiltra el efluente.</li> <li>↳ Requiere muy poca área para su construcción.</li> <li>↳ Por estar enterrada, se puede colocar en área verde.</li> <li>↳ No requiere energía para su funcionamiento.</li> <li>↳ Su construcción se puede realizar en terrenos planos o quebrados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Limpieza de la fosa muy costosa</li> <li>↳ Produce malos olores</li> <li>↳ Lodos no estabilizados</li> <li>↳ Saturación del área de absorción por falta de mantenimiento.</li> <li>↳ Depende de la calidad del suelo, el área requerida para infiltración.</li> <li>↳ Requiere equipo especial para su limpieza.</li> <li>↳ El efluente de la fosa séptica lleva un alto nivel de contaminación.</li> </ul>	<p>5 a 300 hab/máx.</p> <p>Área requerida Aprox. 0.10-0.25m<sup>2</sup>/ hab</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S. 95 - 100%</li> <li>▪ DBO 95 %</li> <li>▪ Patógenos 50-99 %</li> </ul>
Caja derivadora Canal de Rejas Canal Desarenador <b>Tanque Imhoff</b> <b>Filtros percoladores</b> Sedimentador secundario Patio de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ El proceso de sedimentación y digestión se realiza en la misma unidad.</li> <li>↳ Se debe de construir en terreno quebrado.</li> <li>↳ Produce un efluente clarificado</li> <li>↳ Bajo costo de operación y mantenimiento.</li> <li>↳ Producto final inodoro.</li> <li>↳ Su construcción se debe de realizar en terrenos quebrados para evitar el uso de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Costo de construcción elevado</li> <li>↳ No se puede realizar la recolección de gas.</li> <li>↳ Producción de vectores (mosquitos) en el área de filtros.</li> <li>↳ Problemas de infestaciones de moscas es común y afecta eficiencia del tratamiento.</li> </ul>	<p>300 – 5000 hab/máx.</p> <p>Área requerida Aprox. 0.25-0.75m<sup>2</sup>/ hab</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S. 95 - 100%</li> <li>▪ DBO 95 %</li> <li>▪ Patógenos 30-40 %</li> </ul>
Caja derivadora Canal de Rejas Canal Desarenador Sedimentador primario <b>Filtros percoladores</b> Sedimentador secundario <b>Digestor de Lodos</b> Patio de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Se debe de construir en terreno quebrado.</li> <li>↳ Produce un efluente clarificado</li> <li>↳ Bajo costo de operación y mantenimiento.</li> <li>↳ Producto final inodoro.</li> <li>↳ Su construcción se debe de realizar en terrenos quebrados para evitar el uso de energía.</li> <li>↳ Se puede realizar la recolección y utilización de gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Costo de construcción elevado</li> <li>↳ Producción de vectores (mosquitos) en el área de filtros.</li> <li>↳ El proceso de sedimentación se realiza en diferentes unidades por lo que requiere mayor área</li> </ul>	<p>300 hab. en adelante</p> <p>Área requerida Aprox. 0.35-0.75m<sup>2</sup>/hab</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S. 95 - 100%</li> <li>▪ DBO 95 %</li> <li>▪ Patógenos 30- 40 %</li> </ul>
Caja derivadora Canal de Rejas Canal Desarenador <b>RAFA</b> <b>Filtros percoladores</b> Patio de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ El proceso de sedimentación y digestión se realiza en la misma unidad.</li> <li>↳ Se debe de construir en terreno quebrado.</li> <li>↳ Produce un efluente clarificado</li> <li>↳ Producto final inodoro.</li> <li>↳ Se puede realizar la recolección y utilización de gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Costo de construcción elevado</li> <li>↳ Producción de vectores (mosquitos) en el área de filtros.</li> <li>↳ Altos costos de operación y mantenimiento.</li> <li>↳ Sensible a cambios de carga (hidráulica u orgánica)</li> <li>↳ Requiere de energía para su operación</li> </ul>	<p>1000 hab. En adelante</p> <p>Área requerida aprox. 0.75 - 1.5 m<sup>2</sup>/hab</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S. 95 - 100%</li> <li>▪ DBO 95 %</li> <li>▪ Patógenos 30- 40 %</li> </ul>
<b>Laguna Anaerobias primarias</b> Laguna facultativa secundaria Laguna de maduración	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Alto índice de remoción de patógenos</li> <li>↳ Permite el reuso de subproductos</li> <li>↳ Bajo costo de operación y mantenimiento</li> <li>↳ Bajo costo de construcción</li> <li>↳ No requiere de energía para su operación</li> <li>↳ No requiere equipo especial para su operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Requiere de grandes áreas para su construcción.</li> <li>↳ Puede provocar malos olores la laguna primaria.</li> </ul>	<p>1000 hab. En adelante</p> <p>Área requerida aprox. 1.5-7.00 m<sup>2</sup>/hab</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S. 95 - 100%</li> <li>▪ DBO 95 %</li> <li>▪ Patógenos 95-99.999 %</li> </ul>
<b>Laguna facultativa primaria</b> Laguna facultativa secundaria Laguna de maduración	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Alto índice de remoción de patógenos</li> <li>↳ Permite el reuso de subproductos</li> <li>↳ Bajo costo de operación y mantenimiento</li> <li>↳ Bajo costo de construcción</li> <li>↳ No requiere equipo especial para su operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Requiere de grandes áreas para su construcción.</li> </ul>	<p>1000 hab. En adelante</p> <p>Área requerida aprox. 1.5-7.00 m<sup>2</sup>/hab</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S. 95 - 100%</li> <li>▪ DBO 95 %</li> <li>▪ Patógenos 95-99.999 %</li> <li>▪ Quistes de protozoarios y huevos de helmintos 100%</li> </ul>

La eficiencia de cada sistema de tratamiento varía de acuerdo a su dimensión, operación y mantenimiento, condiciones del clima, calidad del afluente, etc.

<sup>14</sup> Tratamiento de Cloacales Para Poblaciones de Bajos Recursos Tecnológicos, Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AGISA), 25 Julio 1997

Cuadro 9: Comparación Simple de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Más Utilizados en Centroamérica

<i>Sistema de tratamiento</i>	<i>Nivel de Tratamiento</i>	<i>Área Requerida</i>	<i>Costo de Construcción (sin terreno)</i>	<i>Costo de Operación</i>	<i>Malos Olores<sup>b</sup></i>	<i>Tendencia a Problemas Operativos<sup>a</sup></i>
<b>Fosa Séptica</b> Sistema de Absorción	Primario	Bajo	Bajo	Bajo	Mediano	Bajo
Caja derivadora Canal de Rejas Canal Desarenador <b>Tanque Imhoff</b> <b>Filtros percoladores</b> Sedimentador Secundario Patio de secado de lodos	Secundario	Bajo	Mediano	Mediano	Mínimo: sólidos	Mediano
Caja derivadora Canal de Rejas Canal Desarenador <b>Sedimentador primario</b> <b>Filtros percoladores</b> Sedimentador secundario <b>Digestor de Lodos</b> Patio de secado de lodos	Secundario	Bajo	Mediano	Mediano	Mínimo: sólidos	Mediano
Caja derivadora Canal de Rejas Canal Desarenador <b>RAFA</b> <b>Filtros percoladores</b> Patio de secado de lodos	Secundario	Bajo	Mediano	Mediano	Mínimo: sólidos	Alto
<b>Laguna Anaerobias primarias</b> Laguna facultativa secundaria Laguna de maduración	Secundario o Terciario; elimina patógenos	Alto	Bajo	Bajo	Mínimo: en condiciones normales	Bajo
<b>Laguna facultativa primaria</b> Laguna facultativa secundaria Laguna de maduración	Secundario o Terciario; elimina patógenos	Alto	Bajo	Bajo	Mínimo	Bajo

<sup>a</sup> Incluyendo sensibilidad a fluctuaciones en caudal, concentraciones de afluente, sustancias tóxicas.

<sup>b</sup> Con sus implicaciones de distancia apropiada de habitaciones.

### 3.4.8 Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento

La buena operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento es sumamente importante y es un punto donde se ha fallado increíblemente en Latinoamérica y el Caribe en general, y en Centroamérica en particular.

Cada planta de tratamiento debe traer su propio manual de operación y mantenimiento, el cual debe de ser elaborado por un profesional experto en la materia (ingeniero sanitario o ingeniero civil con experiencia en proyectos de este tipo).

*En la Colonia Monte María de Guatemala, fallas en la operación y mantenimiento redujeron la eficiencia de una planta de lodos activados de 90% a 50%.*

15

#### 3.4.8.1 Canal de rejas

La operación del canal de rejas se circunscribe a una actividad; debe de extraerse todo el material sólido retenido en las rejas, este procedimiento depende del diseño del canal de rejas. Se recomienda que la limpieza de las

<sup>15</sup> Haydee Osorio, Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Colonia Prados de Monte María - Lodos Activados, Guatemala

rejas se realice por lo menos dos veces al día una por la mañana y la otra por la tarde. Se debe de pintar las rejas cada 6 meses con pintura anticorrosiva.

#### 3.4.8.2 Desarenador

La limpieza del desarenador consiste en cortar el flujo de agua en un canal, por medio de compuertas, y dejar que los residuos (arena y otras partículas) depositados al fondo sequen. Ya seco el material, se extrae y se deposita en un pozo construido para este fin. Se puede utilizar la misma fosa en donde se entierra la materia extraída del canal de rejas. El período de limpieza de un canal varía de acuerdo al diseño de 4 a 8 días por canal. En períodos de invierno se sugiere que se revise el canal después de un aguacero.

#### 3.4.8.3 Medición de Caudal

Para asegurar la fiabilidad del funcionamiento de los aparatos de medición es esencial que la limpieza, mantenimiento y calibrado de los mismos sea correcta, así como la elaboración de registros de datos. Los medidores de caudal electrónicos se deben de calibrar en situ para verificar que se cumplen las especificaciones técnicas y para disponer de datos de base que permitan el seguimiento en el tiempo y el calibrado periódico del aparato por razones de mantenimiento.

#### 3.4.8.4 Fosas Sépticas

La operación de la fosa séptica consiste en revisar en forma periódica el nivel de lodos acumulados dentro del sistema. Se recomienda que se mide el nivel una vez al mes. Para verificar la altura de los lodos se debe de introducir una varilla de acero forrada de una tela blanca (o un palo de madera pintado de color blanco) dentro de la fosa séptica. Esta nos permite revisar la altura de los lodos sedimentados.

Cuando la altura de los lodos alcanza el nivel máximo de acumulación, estos deben de ser extraídos y depositados en un sistema de digestión de lodos y luego a un patio de secado de lodos. La extracción de los lodos se puede hacer de dos formas; manual o mecánica, para ambos casos la fosa séptica debe de ventilarse como mínimo 24 horas antes de iniciar los trabajos.

Otra actividad importante que se debe de realizar en un sistema de fosas sépticas es la revisión constante de las estructuras de concreto ya que esta se puede dañar debido a los gases generados por el proceso séptico.

#### 3.4.8.5 Tanque Imhoff

La operación del Tanque Imhoff es sumamente sencilla debido a que no contiene elementos mecánicos para su funcionamiento, pero debe de realizarse continuamente para garantizar su buen funcionamiento.

Después del proceso de arranque se formará una cubierta flotante compuesta de natas, sólidos flotantes y grasa. Esta deberá de eliminarse diariamente,

por medio de un colector manual. Estos materiales deben de ser dispuestos de igual manera que los sólidos extraídos del canal de rejillas.

Los lodos se deben de purgar cada 2 meses (máximo 70 días) abriendo las válvulas deslizantes. El compartimiento del lodo se vacía automáticamente con la presión del agua de arriba. Se deberá de chequear la altura de lodos cada semana, por medio de una vara de 3.50 metros de altura y forrada con un manta en una de las puntas. Esta vara se ingresa por el lado de los muros de la parte de sedimentación, colocada perfectamente vertical y apoyada en el fondo de digestión de la unidad. Luego se extrae y se procede a medir la parte de la vara impregnada de lodo (negro). Cuando el nivel de lodo acumulado marque 80 % de la altura de la parte de digestión, antes de los 2 meses, se deberá de purgar los lodos. **Importante: se debe dejar aproximadamente el 15 % de los lodos dentro del tanque para que así se inicie el proceso de digestión nuevamente.**

#### 3.4.8.6 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

El agua tratada es recolectada a través de vertederos o bocas de tubo colocados en la periferia del tanque. El operador debe de revisar que estos vertederos o bocas de tubo se mantengan libres de cualquier tipo de taponamiento. La purga de lodo excedente debe de removerse cada 5 o 6 meses para evitar que este escape con el agua tratada; esta actividad debe de realizarse en períodos de bajo caudal. Cuando se realiza la purga de lodos se debe de dejar una porción dentro del tanque para que continúe con la actividad de las bacterias anaerobias.

En caso de que exista producción de malos olores (no característicos) se debe de realizar los siguientes pasos:

- A. Disminuir el caudal de entrada;
- B. Agregar agua con cal;
- C. Adicionar lodo digerido de otras unidades o bien excremento de bovino;
- D. Agregar mezcla de cloruro ferrico con agua de cal para formar sulfato de hierro;
- E. Eliminar todos los atascamientos de agua tratada.

#### 3.4.8.7 Filtros Percoladores

Mantenimiento y monitoreo regular:

- chequear los niveles de agua que van entrando al filtro. Dichos niveles tienen que ser iguales en cada tubería.
- medir el nivel del agua en cada agujero del segundo canal; debe ser igual en todos. Si no están nivelados eso significa que hay taponamientos en las tuberías.

- observar el nivel del agua sobre la superficie del lecho filtrante. Si está encima de la superficie puede indicar taponamiento
- limpiar el superficie del filtro para mantenerlo limpia de toda basura o hierba que crezca
- revisar el canal recolector principal que se localiza a la salida del filtro y quitar lodo para mantenerlo limpio
- inspeccionar las válvulas, engrasarlas una vez por mes, y reemplazar las deterioradas
- revisar si las tuberías se encuentran en buen estado; de lo contrario sustituir las piezas deterioradas.

Mantenimiento para resolver problemas se resume en el siguiente cuadro.

**Cuadro 10: Problemas con Operaciones de Filtros y Soluciones<sup>16</sup>**

<i>Problema</i>	<i>Descripción</i>	<i>Soluciones</i>
Moscas en el filtro	Viven y se multiplican en un ambiente que alterna entre mojado y seco. Por lo tanto, son más comunes en los filtros de capacidad baja. Interferir con el ciclo de vida puede controlar el problema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentar recirculación por períodos cortos.</li> <li>▪ Conservar las paredes mojadas.</li> <li>▪ Inundar el filtro durante 24 horas. Soltar las aguas residuales lentamente.</li> <li>▪ Dosificar el filtro con cerca de 1 mg/L de cloro durante unas pocas horas cada semana.</li> <li>▪ Asegurar que el sistema de distribución mantiene un remojo uniforme del medio.</li> </ul>
Olores	Resultan cuando el proceso de tratamiento se vuelve anaerobio. Como el proceso del filtro es aerobio, tome medidas correctivas inmediatamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si el afluente tiene cargas altas orgánicas o de H<sub>2</sub>S: aumente la recirculación, agregue ventilación forzada, o clorine previamente</li> <li>▪ Revise los tubos de ventilación del filtro y el desagüe para determinar si hay obstrucciones en la circulación.</li> <li>▪ Revise si hay exceso de cultivos biológicos. Aumente la capacidad de recirculación para proporcionar más oxígeno y aumentar el desprendimiento.</li> <li>▪ Revise el filtro y sus alrededores para determinar si hay cultivos o escombros.</li> </ul>
Inundación	Estancamientos o charcos resultan de la obstrucción de los vacíos en el filtro, los cuales pueden ser causado por excesivos cultivos biológicos. La carga orgánica alta, escombros, insectos, caracoles, medio inapropiado, u operación inapropiada del estanque primario son causas de excesivos cultivos biológicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Remueva los escombros de la superficie del medio.</li> <li>▪ Agite la superficie con un rastrillo o una corriente de agua de alta presión.</li> <li>▪ Aumente la capacidad de recirculación para lavar el filtro con inundación.</li> <li>▪ Deje que el filtro o porciones de el se sequen durante varias horas o días para causar el desprendimiento del exceso de cultivos cuando se vuelve a mojar.</li> <li>▪ Dosifique el filtro con cerca de 5 mg/L de cloro durante varias horas.</li> <li>▪ Revise las unidades de tratamiento primario y corrija los defectos de operación.</li> </ul>

<sup>16</sup> Operaciones Básicas con las Aguas Residuales, Water and Wastewater Training Division, Texas Engineering Extension Service, Texas A&M University System, 2000

<i>Problema</i>	<i>Descripción</i>	<i>Soluciones</i>
Boquillas tapadas	Las boquillas tapadas son por lo general resultado de la operación deficiente del tanque sedimentador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ajustar o instalar desviadores sobre los tanques sedimentadores</li> <li>▪ Remover la espuma del agua superficial de los tanques sedimentadores regularmente.</li> <li>▪ Instalar una criba de un centímetro sobre el afluente del filtro.</li> <li>▪ Retirar el tapón hembra del extremo del tubo y aplicar con una manguera agua a presión.</li> <li>▪ Limpiar las boquillas diariamente con un cepillo, gancho de alambre, o un hierro liso de 1/4".</li> </ul>
Desagües obstruidos	Los desprendimientos (mudas) pueden causar desagües obstruidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lave los desagües completamente</li> <li>▪ Cambie el medio desintegrado</li> <li>▪ Aumente la recirculación.</li> </ul>
Caracoles	Probablemente causado por el clima.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clorinar para producir un residual de 0.5 a 1 mg/L</li> <li>▪ Lavar el filtro con una tasa alta de recirculación</li> </ul>

#### 3.4.8.8 Lagunas de Estabilización

Las actividades rutinarias del operador de una planta de tratamiento con lagunas de estabilización son:

- principalmente en mantener libre de maleza el área de talud de las lagunas de estabilización.
- verificar que el oleaje que provocado por las lagunas no deteriore el talud
- para las lagunas facultativas, se debe de evitar que floten espumas o natas en el espejo de agua; de aparecer estas se debe de eliminar con un rastrillo o con un chorro de agua a presión
- para el caso de las lagunas anaerobias se debe dejar la nata flotando, ya que esto ayuda al proceso dentro de la laguna.
- en caso de crecimiento de zancudos o mosquitos en el espejo de agua de las lagunas, debe de variarse la altura de la laguna aproximadamente 15 centímetros.
- verificar que no existan taponamientos en las tuberías o canales de acceso de las lagunas
- verificar si no hay cortos circuitos. Corregir con el uso de tabiques desviadores o remover maleza de los estanques.

Para las lagunas primarias se debe extraer los lodos cada 3 a 5 años y para las lagunas secundarias cada 10 años a 20 años (esto depende del período de retención del diseño). Para extraer el lodo en las lagunas se debe de drenar el agua por medio de los sistemas de drenaje de las lagunas, luego se debe de dejar secar el lodo al sol por un promedio de 3 meses (esto depende de la intensidad solar de la región y la altura de lodos acumuladas).

#### 3.4.8.9 Bombeo

Mantener lubricado el equipo de bombeo. Todas las piezas de metal deben de pintarse por lo menos una vez al año con pintura anticorrosiva para evitar

su deterioro. Se debe mantener libre de obstrucciones la tubería de acceso como de egreso, y la estación de bombeo debe de permanecer siempre limpia y perfectamente identificada.

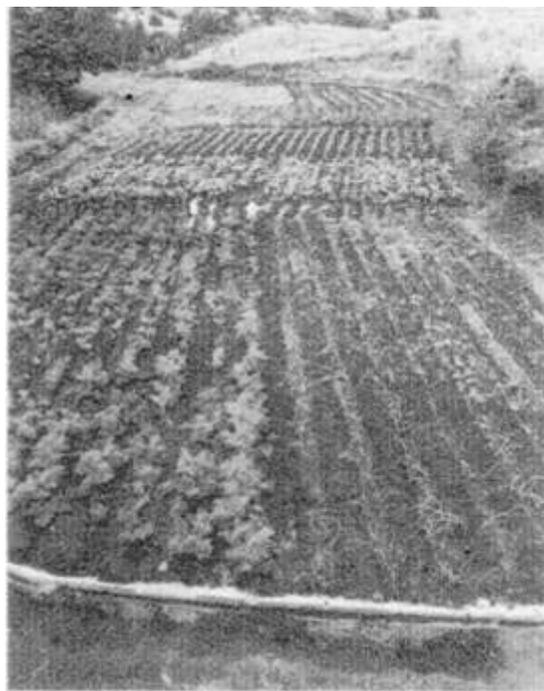
### **3.5 Re-Usos de Sub-Productos**

Dentro de los procesos de tratamiento de las aguas residuales, se generan aguas residuales tratadas y lodos, que pueden ser utilizados nuevamente, siempre y cuando se realice el control sanitario respectivo, para protección de la salud de las personas.

#### **3.5.1 Re-Usos de Agua Tratada**

Las aguas residuales domésticas pueden ser, y son aprovechados en muchas áreas del mundo, para:

- riego agrícola (a veces directamente, y a veces por extracción de ríos a las cuales las aguas se hayan descargado)
- riego de árboles y plantas en corredores de transporte
- riego de césped, por ejemplo en campos de golf
- procesos industriales
- cría de peces
- relleno de tanques de inodoros
- recarga de acuíferos
- mitigación de impactos ambientales (creación de humedales artificiales)
- usos estético / paisajístico



*Re-Usos de Agua Tratada en Masaya, Nicaragua. Foto cortesía de Ivette Morazán*

El re-uso de aguas residuales o de aguas grises para la agricultura presenta las ventajas de ser un recurso de agua estable y constante, que contiene nutrientes para las plantas. El re-uso de agua también puede ser una forma de prevenir la contaminación de aguas superficiales con nutrientes, y presenta la oportunidad de reservar agua de más alta calidad para consumo humano. Sin embargo, aguas residuales pueden contener agentes infecciosos o contaminantes peligrosos a la salud, y su re-uso debe ser manejado con precaución, relacionando el nivel de tratamiento y el tipo de re-uso según normas establecidas.

En el año de 1989 se publicaron las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre el uso de las aguas residuales en agricultura y acuicultura (refiérase al cuadro 11).

Es importante notar que las guías se basan en solo dos parámetros de calidad, indicadores de presencia de patógenos en el agua: nematodos intestinales y coliformes fecales. Sin embargo, en general, la utilización de las aguas

residuales en la Latinoamérica no ha sido promovida por los gobiernos, si no por lo contrario prohibida por considerárseles responsable de muchos de los problemas sanitarios existentes. A pesar de la falta de promoción del re-uso de aguas residuales en Latinoamérica, han sido los propios campesinos y agricultores quienes las han utilizado, normalmente sin monitoreo y control.

**Cuadro 11: Guías de la OMS, 1989 Para el Re-Use de Aguas Residuales<sup>17</sup>**

<i>Categoría</i>	<i>Condiciones de Reutilización</i>	<i>Grupo expuesto</i>	<i>Nematodo intestinal<sup>a</sup> (número de huevos media aritmética por litro)</i>	<i>Coliformes fecales (media geométrica por cada 100 ml)</i>	<i>Tratamiento de aguas residuales supuesto para alcanzar la pauta microbiológica requerida</i>
A	Irrigación de cultivos que probablemente serán consumidos crudos, campos deportivos, parques públicos.	Trabajadores, consumidores público	≤ 1	≤ 1000	Una serie de lagunas o tratamiento para lograr calidad microbiológica indicada.
B	Irrigación de cultivos industriales, forraje pasto y árboles. <sup>b</sup>	Trabajadores	≤ 1	Ningún estándar recomendado	Retención de 8 a 10 días en lagunas o eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales.
C	Irrigación localizada de cultivos en categoría B si no hay exposición a trabajadores ni al público.	Ninguno	No aplicable	No aplicable	Mínimo de sedimentación primaria

<sup>a</sup> Especies Áscaris, Trichuris y Anquilostomas

<sup>b</sup> En el caso de árboles frutales, la irrigación debería cesar dos semanas antes de la recolección de la fruta, y ninguna fruta debería ser recolectada del suelo.

Ejemplos de usos de las aguas residuales para minimizar riesgos a la salud son para riego en los siguientes cultivos (categorías B y C):

- Selvicultura
- Forrajes, hierbas, alfalfa, etc.
- Maíz, trigo, cebada
- Menta, algodón, tabaco

Para el riego de cultivos de frutas y legumbres (categoría A) se debe contar con un sistema de tratamiento con un alto grado de remoción de elementos patógenos y un programa de monitoreo regular de la presencia de patógenos (nematodos y coliformes fecales).

<sup>17</sup> WHO Health Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Report of a WHO Scientific Group, Geneva. World Health Organization, 1989 (WHO Technical Report Series No. 778)

### **3.5.2 Re-Uso de Lodos**

El lodo es un subproducto que se genera en todos los procesos de tratamiento de aguas residuales. El lodo producido en las operaciones y procesos de tratamiento de las aguas residuales suele ser líquido o líquido semisólido. La digestión y secado de los lodos se realiza dentro de la planta de tratamiento.

El lodo “estabilizado” generado del tratamiento de las aguas residuales es valioso como fuente de nutrientes y como acondicionador del suelo, puede emplearse en agricultura o como fertilizante de estanques empleados en acuicultura. El uso de los lodos debe de fomentarse en donde sea posible, siempre y cuando se provea de la debida protección de la salud.

La materia incorporada mejora el suelo porque:

- Permite una mayor retención de la humedad.
- Adiciona al suelo los nutrientes necesarios para las plantas y facilita su retención en el suelo.
- Incrementa la actividad biológica del suelo.
- Evita o al menos disminuye la necesidad de fertilizantes químicos.

La utilización del estiércol como abono en los campos es tan antigua como la ganadería misma. Sin llegar a descubrir la importancia del nitrógeno, fósforo y potasio, en el crecimiento de las plantas y de su metabolismo, el hombre ha sabido de la importancia de la reutilización de los residuos de las heces animales. Las heces humanas también se pueden utilizar.

Sin embargo, existen condicionantes a este uso, como:

- Contenido de metales que puedan llevar a valores límite de toxicidad, desconociéndose en muchos casos los efectos reales de concentración de metales depositados en los suelos sobre las plantas, y
- Presencia de patógenos y semillas indeseables que puedan hacer inutilizable el lodo en ciertos casos.

Para determinar si el lodo contiene sustancias químicas industriales, como metales pesados, que puedan causar toxicidad a las plantas y al hombre, es recomendable realizarse una serie de análisis de laboratorio en forma periódica. Sin embargo, estos análisis son complicados y costosos. Se puede determinar el potencial de los lodos de ser tóxicos con un inventario de industrias que estén descargando a la red de alcantarillado sanitario y que pueden tener un impacto en la calidad de los lodos.

### ***3.6 Monitoreo de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales***

El monitoreo o vigilancia se define como un conjunto de acciones que, de acuerdo con parámetros ambientales y normas previamente establecidos, generan información sobre el estado actual de variables ambientales.

Es importante periódicamente monitorear:

- El comportamiento del vecindario en el sentido de detectar conexiones ilícitas al sistema de alcantarillado, y que usen los sistemas adecuadamente
- El nivel de lodos en fosas sépticas, si conforman parte del sistema de sanitación
- Las cajas de registro del sistema de recolección
- La calidad de agua a la entrada y salida de la planta de tratamiento
- La calidad de agua del cuerpo receptor (arriba y abajo del desagüe de la planta de tratamiento)

El monitoreo de la calidad de agua que sale de la planta de tratamiento es importante para determinar el cumplimiento de la planta con las normas y reglamentos vigentes, para determinar la eficiencia de los procesos de tratamiento, y para identificar problemas de tratamiento para poder tomar acciones correctivas. La recomendada frecuencia de este monitoreo se resume en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Monitoreo de Sistemas de Manejo de Aguas Residuales

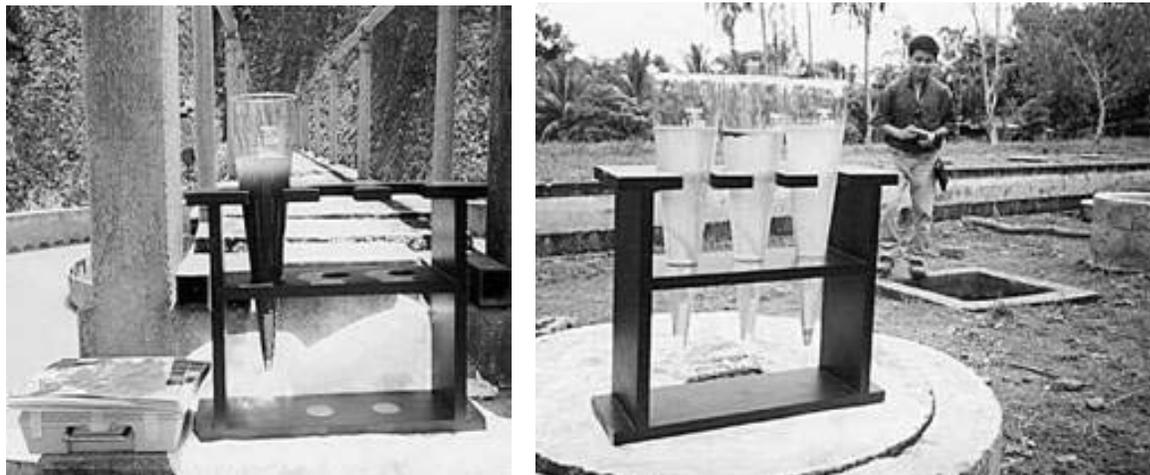
<i>Elemento</i>	<i>Parámetro</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Frecuencia</i>
Fosas Sépticas	Inspección para ver si hay natas o material sobrenadante y constatar flujo de entrada y salida	5% del total de fosas elegidas aleatoriamente	Dos veces al año
Dispositivos de limpieza en alcantarillado	Inspeccionar para verificar su limpieza	5% del total elegidos aleatoriamente	Una vez al mes
Planta de tratamiento	Caudal	Entrada de la planta	3 veces por semana a 3 veces por día
Planta de tratamiento	DBO <sub>5</sub> y SST Nitritos, Nitratos y Fosfatos, Nematodos, Coliformes fecales	Entrada y Salida de la planta	Cada mes a tres meses, dependiendo del tamaño de la planta
Agua, cuerpo (río o lago) receptor	DBO <sub>5</sub> y SST Nitritos, Nitratos y Fosfatos	Cuenca arriba y cuenca abajo de la salida de la planta	Cada tres a seis meses, dependiendo del tamaño de la planta y los usos del río

Las pruebas de laboratorio que se realizan para determinar la calidad del efluente de plantas de tratamiento incluyen: Sólidos en Suspensión Total (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes, Nematodos, y Nitrógeno en diferentes formas.

En lo que respecta a la toma de muestras y análisis de laboratorio, lo más práctico y confiable es contratar los servicios de un Laboratorio especializado que esté autorizado por el Ministerio de Salud o Ministerio de Ambiente para la realización de este trabajo. Es importante que la muestra se tome de una forma que evite su contaminación, en un recipiente recomen-

dato por el laboratorio, que se etiquete la muestra adecuadamente, y que la muestra llegue al laboratorio dentro del tiempo requerido para que el análisis sea válido.

Una medida de calidad de agua que se puede hacer simplemente en sitio es la prueba de Imhoff de sólidos que se pueden remover por sedimentación.



*Conos Imhoff para determinar cantidad de sólidos sedimentables (SS)  
Fotos cortesía de Víctor Arriaza*

Si como resultado del monitoreo se reporta que existen parámetros que no cumplen las normas es importante identificar los problemas técnicos y administrativos que causaron el problema y resolverlos.

### **3.7 Seguridad de Personal de Trabajo<sup>18</sup>**

Hay muchos peligros para considerar alrededor de una planta de tratamiento de aguas residuales y un sistema de recolección:

- heridas corporales, resbalones, o caídas
- enfermedades contagiosos
- deficiencia de oxígeno
- gases o vapores tóxicos o explosivos
- productos químicos tóxicos y peligrosos
- incendio
- choques eléctricos

Las *enfermedades contagiosas* son posibles debido a la naturaleza del trabajo y su material asociado. Para reducir el riesgo es importante:

- estar inmunizado contra tifoidea y tétano

---

<sup>18</sup> Operaciones Básicas con las Aguas Residuales, Water and Wastewater Training Division, Texas Engineering Extension Service, Texas A&M University System, 2000

- lavar las manos completamente y con jabón antes de comer o fumar, después de tomar muestras de aguas residuales o de otra manera estar en contacto inmediato con las aguas residuales
- comer y tomar en áreas separadas del lugar de trabajo si son disponibles
- utilizar guantes protectores si tiene cortaduras o piel quebrada en sus manos
- cambiarse de ropa antes de ir a la casa y poner un cambio de ropa limpio cada día de trabajo

Se forman *condiciones explosivas* cuando el gas de sulfuro de hidrógeno o gas de metano se genera de la descomposición de materia orgánica y se mezcla con el aire. Otras mezclas de combustible, vapores de gasolina o solventes volátiles infiltrados en el sistema pueden causar condiciones explosivas. Se puede evitar explosiones manteniendo las llamas abiertas lejos de las áreas potencialmente explosivas y proporcionando ventiladores o sopladores. Los pozos de acceso, digestores anaeróbicas y estructuras debajo de la tierra son áreas potencialmente explosivas.

Para evitar accidentes con carros en el sistema de recolección:

- colocar señales de advertencia para el tráfico
- evitar trabajo durante las horas de mayor tráfico
- usar guardavías o luces de advertencia si es necesario
- colocar el vehículo de trabajo entre el trabajador y el tráfico que viene
- usar chalecos de colores llamativos

El trabajo en los pozos de acceso requiere muchas medidas de seguridad:

- probar el pozo antes de entrar para ver que no hay gas explosivo y si hay oxígeno suficiente
- ventilar el pozo antes de entrar y durante el trabajo
- colocar barreras o vehículos alrededor del pozo de acceso
- usar un pico o gancho para remover las tapas de los pozos
- colocar la tapa sobre el suelo, no recostarla sobre una barrera u otro objeto
- no colocar herramientas cerca del borde del pozo donde alguien las pueda patear al pozo
- usar, o tenga disponible, equipo de aire, cuerdas salvavidas, y cascos
- usar una escalera de mano; los peldaños instaladas en el lado del pozo pueden ser inseguros
- no entrar solo. Al menos dos personas deben estar esperando en la superficie. Salir del pozo de una vez si empieza a sentirse mareado o enfermo.
- usar botas de goma y guantes cuando trabaje en condiciones mojadas

- usar guantes de cuero (no goma) cuando se usan varillas de madera para limpiar las alcantarillas
- después de salir del pozo, colocar la tapa (aunque no este terminado el trabajo), y bañarse

### 3.8 Planificación y Respuesta a Desastres

Las amenazas naturales pueden impactar la función de los sistemas de saneamiento y sus beneficios al medio ambiente y a la salud. Lo siguiente es una matriz de un documento OPS/OMS/AIDIS en 2001, elaborado con el fin de reducir el tiempo de respuesta en América Latina y el Caribe a restaurar servicios de agua potable y saneamiento después de desastres naturales.

**Cuadro 13: Matriz de Efectos Provocados por Eventos Adversos<sup>19</sup>**

<i>Efecto sobre los sistemas de aguas residuales</i>	<i>Terremoto</i>	<i>Erupción Volcánica</i>	<i>Deslizamiento</i>	<i>Huracán</i>	<i>Inundación</i>	<i>Sequía</i>
Fallos estructurales en la infraestructura de los sistemas	++	O	++	++	++	O
Ruptura de tuberías	++	O	++	+	++	O
Obstrucciones en plantas y tuberías	O	++	+	+	++	O
Interrupción del servicio eléctrico, comunicación y vías de acceso	++	O	+	++	+	+
Escasez de personal	++	+	+	+	+	O
Escasez de equipos, repuestos y materiales	++	O	+	++	++	O

++ afectación alta

+ afectación moderada

O afectación mínima

El proceso de planificación para situaciones de emergencias y desastres básicamente comprende tres etapas:

- prevención
- mitigación
- preparación

La respuesta al desastre comprende tres etapas:

- respuesta
- rehabilitación
- reconstrucción

### 3.9 Costos de Planificación, Construcción y Operación

El costo de construcción de obras para el manejo de excretas y aguas residuales depende de varios factores, incluyendo: costo mano de obra local, disponibilidad de materiales locales, geografía (necesidad de bombeo), costo de acarreo de materiales, densidad de casas, escala de la construcción (el costo/ familia de plantas de tratamiento es más alto para plantas de pequeña escala), y obviamente, el tipo de sistema. Dado todas estas consideraciones,

<sup>19</sup> Emergencias y Desastres en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento: Guía Para Una Respuesta Eficaz, OPS, OMS, AIDIS, OPS 2001

es difícil encontrar y sistematizar información sobre los costos estimados de diferentes sistemas. Sin embargo, el siguiente cuadro resume información ejemplar existente para el propósito de dar una idea general de los rangos de costos de diferentes soluciones. Es importante presupuestar costos de administración y de educación comunitaria inicial y periódica.

**Cuadro 14: Costos de Manejo de Excretas y Aguas Residuales, \$ US**

<i>Tipo de sistema individual</i>	<i>Costo de construcción / familia</i>	<i>Costo mensual de construcción por familia<sup>a</sup> (1)</i>	<i>Costo mensual de operación por familia (2)</i>	<i>Costo mensual por familia (1)+(2)</i>
<b>Sistemas Individuales<sup>20</sup></b>				
Letrinas	\$ 125-220	\$ 1.2 - 2.1	\$ 1	\$ 2.2 - 3.1
Inodoro con fosa séptica y fosa o campo de absorción	\$ 350-400	\$ 3.3 - 3.8	\$ 1	\$ 4.3 - 4.8
Sumidero o zanja de absorción para aguas grises	\$ 50 - 75	\$ 0.48 - 0.72	\$ 0.4	\$ 0.88 - 1.1
Sistemas de tratamiento “paquete” de lodos activados	\$ 600-900	\$ 5.7 - 8.6	\$ 4 - 8	\$ 9.7 - 17
<b>Alcantarillado</b>				
Alcantarillado pluvial	\$ 250-750 <sup>21</sup>	\$ 2.4 - 7.2	\$ 3.00 - 5.00	\$ 5.4 - 12
Alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos	\$ 90 - 160 <sup>23</sup>	\$ 0.9 - 1.5	\$ 1.00	\$ 1.9 - 2.5
Alcantarillado simplificado	\$ 95-170 <sup>22</sup>	\$ 0.9 - 1.6	\$ 1.40 - 3.00	\$ 2.3 - 4.6
Alcantarillado sanitario convencional	\$ 150-450 <sup>23</sup>	\$ 1.4 - 4.4	\$ 1.00 - 2.50	\$ 2.4 - 6.9
Alcantarillado combinado	\$ 250- 850 <sup>21</sup>	\$ 2.4 - 8.1	\$ 3.00 - 5.00	\$ 5.4 - 13
Estación de Bombeo	\$ 15- 20 <sup>24</sup>	\$ 0.14 - 0.19	\$ 2.00- 4.00	\$ 2.1 - 4.2
<b>Plantas de Tratamiento</b>				
Tanque séptico comunal	\$ 35 - 50 <sup>21</sup>	\$ 0.33 - 0.48	\$ 1.25 - 3.00	\$ 1.5 - 3.5
Tratamiento primario, Filtros percoladores	\$ 175- 250 <sup>21</sup>	\$ 1.7 - 2.4	\$ 3.00 - 5.00	\$ 4.7 - 7.4
Lagunas	\$ 125 - 200 <sup>21</sup>	\$ 1.2 - 1.9	\$ 2.00 - 3.00	\$ 2.2 - 4.9
Lodos activados	\$ 500-2,500 <sup>25</sup>	\$ 4.8 - 24	\$ 5.00 - 10.00	\$ 9.8 - 34

<sup>a</sup> Asumiendo un préstamo de 100% del costo de construcción de 15 años con una tasa de interés de 8% anual.

<sup>20</sup> Ana Luisa Dueñas, Experiencia CARE El Salvador

<sup>21</sup> Costos promedio de proyectos diseñados por la empresa CAISA en diferentes Regiones de Guatemala

<sup>22</sup> “Introduction to Low Cost Sanitation”, Leeds University, <http://www.sanicon.net/titles>, asumiendo promedio de 5 hab / casa

<sup>23</sup> Tecnologías innovadoras y de bajo costo utilizadas en los sistemas de alcantarillado. José M. Azavedo Netto. Programa de Salud Ambiental OPS/OMS. Julio 1992

<sup>24</sup> Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Aurelio Hernández Lehmann. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, España 1997.

<sup>25</sup> Derivación de costos de Uruguay y Brasil, Pablo Guido Medeiros et al, “Función Para Evaluación Preliminar de Costos de Construcción de Plantas de Tratamiento de Efluentes”, XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2001

## CAPITULO 4: Aspectos Institucionales y Legales

La falta de existencia y planes para construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, la debilidad de instituciones que operan los sistemas, y la falta de monitoreo y seguimiento de los sistemas existentes en Centroamérica, no solo reflejan una falta de fondos para la ejecución de estas funciones, pero también la debilidad de los arreglos institucionales y legales del sector.

### 4.1 Arreglos Institucionales

Los arreglos institucionales de manejo de aguas residuales deberían incluir participación de entes a nivel nacional, a nivel local, y a nivel de cuenca. La experiencia mundial de arreglos institucionales para diferentes funciones de control de calidad de agua se presenta en Cuadro 15.

*La Asociación Municipal para la Protección del Lago de Yojoa (ASOMUPROLAGO) esta trabajando para la protección del Lago Yojoa en Honduras. Es un esfuerzo conjunto entre quince alcaldías de Cortés, Comayagua y Santa Bárbara, junto a la Empresa Nacional de Energía Eléctrica, ENEE<sup>25</sup>.*

**Cuadro 15: Roles Institucionales- Control de Contaminación de Agua<sup>26</sup>**

<i>Función</i>	<i>Responsabilidad</i>
Establecer políticas	Entes nacionales Entes regionales
Regulación	Entes nacionales Entes de cuencas
Monitoreo	Entes nacionales
Manejo de sistemas públicos	Municipalidades y asociaciones inter-municipales
Capacitación y certificación de operadores	Entes departamentales y nacionales
Manejo de calidad de aguas	Entes de cuencas Entes departamentales

La formación de entes regionales para la protección de cuencas es recomendable, especialmente para la protección de ríos, lagos, y áreas sensitivas o altamente contaminadas.

<sup>26</sup> UNEP Working Document: *Recommendations for Decision-Making on Municipal Wastewater*, October, 2001

<sup>27</sup> <http://www.laprensahn.com/natarc/0008/n27005.htm>

#### 4.2 La normativa ambiental

Cada país, a nivel nacional, debe establecer normas y reglamentos para descarga a alcantarillado sanitario, descarga a cuerpos receptores, y re-uso de aguas residuales. Sin embargo, solo tres países Centroamericanos tienen normas y reglamentos que cubren estos tres rubros, en algunos casos las normas de descargas a cuerpos receptores falta su aprobación final o están en proceso de actualización.

Otro aspecto muy importante es la autoridad competente responsable de las descargas de aguas residuales; los Ministerios de Medio Ambiente y Salud son los encargados de otorgar permisos para la implementación y funcionamiento de los sistemas de manejo de aguas residuales.

Las actuales normativas vigentes, exceptuando los reglamentos de Honduras y Panamá, establecen los límites permisibles diferenciados según la fuente contaminante.

El cuadro 16 presenta un resumen de la normativa existente junto con la autoridad competente y, para comparación, dos parámetros claves de calidad de agua de descarga a alcantarillados y cuerpos receptores presentes en las normativas vigentes.

**Cuadro 16: Resumen de Normas y Reglamentos de Aguas Residuales en Centroamérica<sup>28</sup>**

<i>País</i>	<i>Reglamento y/o Norma Fecha de publicación</i>	<i>Descarga a Alcantarillado Sanitario</i>	<i>Descarga Municipal a Cuerpo Receptor</i>	<i>Re-Usos de Agua</i>	<i>Autoridad Competente</i>
Belice	Effluent Limitations Statutory Instrument No. 94 of 1995 (26/agosto/1995)	NeN	DBO: 50 mg/l SS: 50 mg/l	NeN	Ministerio de Turismo y Ambiente
Costa Rica	Reglamento de Reuso y vertido de aguas residuales. Decreto Ejecutivo 26042-S- MINAE, (19/Junio/1997)	DBO: 300 mg/l SS: 500 mg/l	DBO: 50 mg/l SS: 50 mg/l	Se clasifica en 6 tipos de reuso	Ministerio de Salud y Ministerio de Ambiente y Energía

<sup>28</sup> Reglamentos y Normas Sobre Límites de Descarga Para Aguas Residuales en Centroamérica, Memoria del Seminario Taller “Armonización de los Estándares de Calidad Ambiental en los Países Centroamericanos”, 11 y 12 de Abril de 2002

Guía Para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales

<i>País</i>	<i>Reglamento y/o Norma Fecha de publicación</i>	<i>Descarga a Alcantarillado Sanitario</i>	<i>Descarga Municipal a Cuerpo Receptor</i>	<i>Re-Uso de Agua</i>	<i>Autoridad Competente</i>
El Salvador	Reglamento Especial de Aguas Residuales (31/mayo/2000) Norma Salvadoreña NSR 13.07.03:00 (sin aprobación)	NeN	NeN	Se clasifica en 8 tipos de reuso, pero no establece límites permisibles	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Guatemala	Reglamento de Requisitos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas. Acuerdo Gubernativo Número 60-89. (7/febrero/1989)	DBO: 200 mg/l	DBO: 200 mg/l	NeN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Honduras	Normas Técnicas de las Descargas de Aguas Residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario. Acuerdo No. 058. (9/abril/1996)	DBO: 50 mg/l SS: 100 mg/l	DBO: 50 mg/l SS: 100 mg/l	NeN	Secretaría de Recursos Naturales, Secretaría de Salud y Secretaría de Gobernación
Nicaragua	Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias. Decreto No. 33-95. (14/junio/1995)	DBO: 400 mg/l SS: 400 mg/l	DBO: 90 mg/l SS: 80 mg/l	Reuso para riego agrícola únicamente	Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente y el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados
Panamá	Normas para Aguas Residuales, 2000	SS: 300 mg/l	DBO: 35 mg/l SS: 35 mg/l	Se clasifica en 7 tipos de reuso	Autoridad Nacional del Ambiente

*NeN: No está Normado*

Tanto el municipio como todos los entes generadores de aguas residuales están sujetos a cumplir con el marco legal de cada república, ejercido por las instituciones del Gobierno Central.

Las municipalidades, por medio de ordenanzas e incentivos económicos, pueden requerir ciertas actividades por parte de la comunidad, por ejemplo, por medio de ordenanzas pueden regular:

- tarifas, y concepto de que el contaminador paga
- vertidos ilegales
- pre-tratamiento de aguas residuales por industrias que generan sustancias potencialmente tóxicas o de alto cargo biológico (si no existen normas a nivel nacional)
- descargas prohibidas al alcantarillado (por ejemplo combustibles) que pueden causar daños al sistema de tratamiento
- ordenamiento territorial

### ***4.3 Opciones de prestación de los servicios***

La responsabilidad por las aguas residuales está dividida en varios niveles:

- Sistemas individuales - para casas individuales, industrias, hoteles, rastros, etc., son la responsabilidad de los individuos o gerentes a cargo de estos, con la aprobación del ente rector apropiado.
- Sistemas colectivos pequeños - para pequeñas poblaciones rurales, urbanizaciones, parques industriales, parques de diversión, etc., tienen una variedad de entes responsables, variando de juntas directivas a municipalidades, a entes nacionales responsables de agua y saneamiento.
- Sistemas colectivos medianos y grandes - pueden ser la responsabilidad de municipios individuales, de un ente multi-municipal, o de entes nacionales responsables por agua y saneamiento. También una ciudad grande puede prestar el servicio a una ciudad pequeña.

Para cualquier tipo de arreglo, es necesario que estos tengan especificaciones claras de los trabajos y resultados que se espera, la duración del arreglo, y del monitoreo que se realizará.

Se compara algunas ventajas y desventajas de diferentes opciones básicas de prestación de servicio en Cuadro 17.

**Cuadro 17: Comparación de Opciones de Prestación del Servicio de Tratamiento de Aguas Residuales**

<i>Opción de ente encargado</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Ejemplos Centroamericanos</i>
Junta comunitaria	Alcanzable a la comunidad	Capacidad técnica tiende a ser baja.	Marcovia, Honduras
Municipal, directo	Flexibilidad municipal.	Normalmente resulta en subsidios de servicios y baja capacidad de endeudamiento.	San Juan Talpa, El Salvador Estanzuela, Guatemala
Corporación municipal	Separación de cuentas clara; tiende a ser más eficiente y responsable que una unidad municipal.	Puede faltar capacidad técnica y eficiencia de administración.	Choluteca, Honduras Suchitoto, El Salvador
Instituto nacional a cargo de agua y saneamiento	Alta capacidad técnica.	Distancia puede impedir buen servicio.	Bocas del Toro, Panamá Estelí, Nicaragua
Sector privado - Servicio privado - Contrato de servicio - Contrato de manejo - BOT - Concesión	Alta capacidad técnica, y alta eficiencia.	Costo incluye ganancias.	Villa Nueva, Guatemala (contrato de manejo)

#### **4.4 Opciones y Consideraciones de Involucrar al Sector Privado**

Se puede involucrar al sector privado para uno o varios aspectos y niveles del manejo de aguas residuales municipales. Los cuatro que se han aplicado más comúnmente en países en vías de desarrollo son:

- *Contratos de servicio*: en este caso, el sector público contrata solo ciertos servicios al sector privado, por ejemplo operación de una planta de tratamiento o el servicio de cobro.
- *Contrato de manejo*: en este caso, la autoridad pública transfiere la responsabilidad de manejo y operación a un ente privado, pero el contratista no tiene ninguna relación legal directa con el usuario.
- *BOT (build own transfer)*: En este tipo de contrato, la firma o empresa privada construye, es dueña, opera y luego de algunos años transfiere la infraestructura a manos del gobierno. El tiempo para transferir esto, se especificará claramente antes de firmar el acuerdo.

- *Concesión*: Las concesiones son acuerdos por los cuales la empresa privada financia, y, por un período de tiempo, es propietaria de las instalaciones (infraestructura y equipo) por la duración del contrato, que normalmente es de más de 25 años.

**Cuadro 18: Opciones de Arreglos Con el Sector Privado<sup>29</sup>**

<i>Opción de Arreglo con Sector Privado</i>	<i>Responsabilidades</i>				
	<i>Dueño de infraestructura</i>	<i>Operación y mantenimiento</i>	<i>Inversión de Capital</i>	<i>Riesgo Comercial</i>	<i>Duración Típica</i>
Contrato de servicio	Público	Público	Público	Público	1-2 años
Contrato de manejo	Público	Privado	Público	Público	3-5 años
BOT	Público y Privado	Privado	Privado	Privado	20-30 años
Concesión	Público y Privado	Privado	Privado	Privado	25-30 años

Para responder la pregunta ¿Cuándo se debe involucrar al sector privado?, es importante analizar: eficiencia, responsabilidad social, administración, recursos económicos, y costos del servicio.

Ya decidida la opción de involucrar al sector privado, es importante que los procesos de contratación y supervisión sean bien concebidos para asegurar que se logren las metas previstas. Es necesario para cualquier tipo de contratación, que se establezca y se describa adecuadamente los resultados que se espera lograr. También es importante que existan leyes que regulen la participación del sector privado.

#### **4.5 Fortalecimiento de Unidad Encargada**

La unidad encargada del sistema de manejo y tratamiento de aguas residuales necesita apoyo institucional para cumplir con sus obligaciones de forma planificada, organizada, y profesional.

A veces el fortalecer una situación existente es suficiente. En otros casos, es mejor reformar los arreglos existentes, sean administrativos, legales, o institucionales.

Es importante que se ejecute capacitación y regular de todos niveles del personal. Los trabajadores necesitan recibir entrenamiento y capacitación técnica y en salud ocupacional.

<sup>29</sup> Banco Mundial, 1997, *Toolkits for Private Sector Participation in Water and Sanitation*, Washington DC <http://www.worldbank.org/html/fdp/wstoolkits/Kit1/frame.html>

## CAPITULO 5: Educación Comunitaria y Participación Pública

La mayoría de las personas no visualiza el manejo y tratamiento de las aguas residuales como un problema que requiere de medidas de solución inmediatas. Esto se debe al desconocimiento que se tiene acerca de las repercusiones de la contaminación ambiental en la salud humana, en la conservación de los recursos naturales y por ende en la economía de cada familia.

Para lograr un cambio de conocimientos, actitudes, y comportamiento, es necesaria una campaña de educación comunitaria. Para lograr apoyo público a soluciones propuestas, incluyendo la voluntad de pago, la participación pública en las decisiones también es crítica. El rol de participación pública y educación comunitaria en lograr estas metas se resume abajo.

**Cuadro 19: El Rol de Participación Pública y Educación Comunitaria**

<i>Resultado Meta</i>	<i>Cambios Necesarios</i>	<i>Tipo de Relación con Público</i>
<b>Apoyo público</b> El público apoya a las decisiones y soluciones del problema promocionados por el Municipio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El público entiende el problema, y entiende las soluciones alternativas.</li> <li>• El público es involucrado en el proceso de toma de decisiones desde el inicio.</li> </ul>	Educación Comunitaria y Participación Pública
<b>Cultura de Pago</b> El público y los negocios pagan responsablemente tarifas adecuadas para un buen servicio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El público entiende la importancia de las soluciones y su costo.</li> <li>• El público es involucrado en el proceso de toma de decisiones.</li> </ul>	Participación Pública, Educación Comunitaria, y transparencia financiera.
<b>Cambio de Comportamiento</b> Cambio en hábitos de higiene y de protección de calidad de agua. Buen manejo de sistemas individuales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El público entiende el problema, y el cambio de comportamiento necesario, a nivel práctico.</li> </ul>	Educación Comunitaria

### 5.1 Educación Comunitaria

Es necesario que se lleve a cabo una intensa labor informativa y de concienciación en los usuarios para que todas las personas comprendan que un buen manejo sanitario y gestión del recurso hídrico incluye no solamente el aprovechamiento del agua limpia, sino su manejo adecuado y responsable después de su uso, asegurando su disponibilidad para los que viven cuenca abajo y las futuras generaciones.

El factor económico juega un papel importante al momento de definir que tipo de estrategia se deberá utilizar en una campaña de educación. La identi-

ficación de miembros claves de la comunidad es importante, ya que educando a estos, ellos pueden convertirse en agentes de entrega de información y materiales educativos a la comunidad. Para que una campaña educativa cumpla con sus objetivos es importante:

- Identificar **los grupos a los que se quiere educar**.
- **Identificar y definir** junto con la comunidad **las metas** que se quiere lograr. Se deberá utilizar grupos de enfoque y reuniones informativas, para poder encontrar no solo el nivel de conocimiento de la comunidad con relación al manejo de excretas y aguas residuales, sino también para definir objetivos reales, tiempo de duración, mecanismos y herramientas a ser utilizados en la campaña educativa.
- Identificar y seleccionar el **material educativo** más idóneo para el grupo de personas a quien se va a educar. Considerar diferencias de métodos efectivos para diferentes grupos (e.g. de género, nivel económico, etc.)

Las metas del programa pueden incluir:

- Crear una visión de una comunidad limpia
- Educar sobre conceptos básicos de aguas residuales y su impacto en la salud y el medio ambiente
- Cambiar comportamiento básico de higiene
- Eliminar vertido de contaminantes en cuerpos de agua
- Comunicar el plan de acción municipal de manejo de aguas residuales
- Promover una cultura de pago de tarifas

Para que esta educación sea efectiva, es necesario desarrollar un programa de educación planificado. Se puede utilizar diferentes estrategias de acuerdo al tipo de audiencia (dueños de casas, dueños de negocios, jóvenes, niños, etc.); de acuerdo al nivel de educación de la audiencia / grupo meta, tipo de información que se quiere dar, etc. El aspecto cultural, costumbres y credos del grupo al que se quiere educar, deberá ser tomado muy en cuenta al momento de emprender campañas de educación.

Entre las actividades sugeridas como parte del programa de educación comunitaria están:

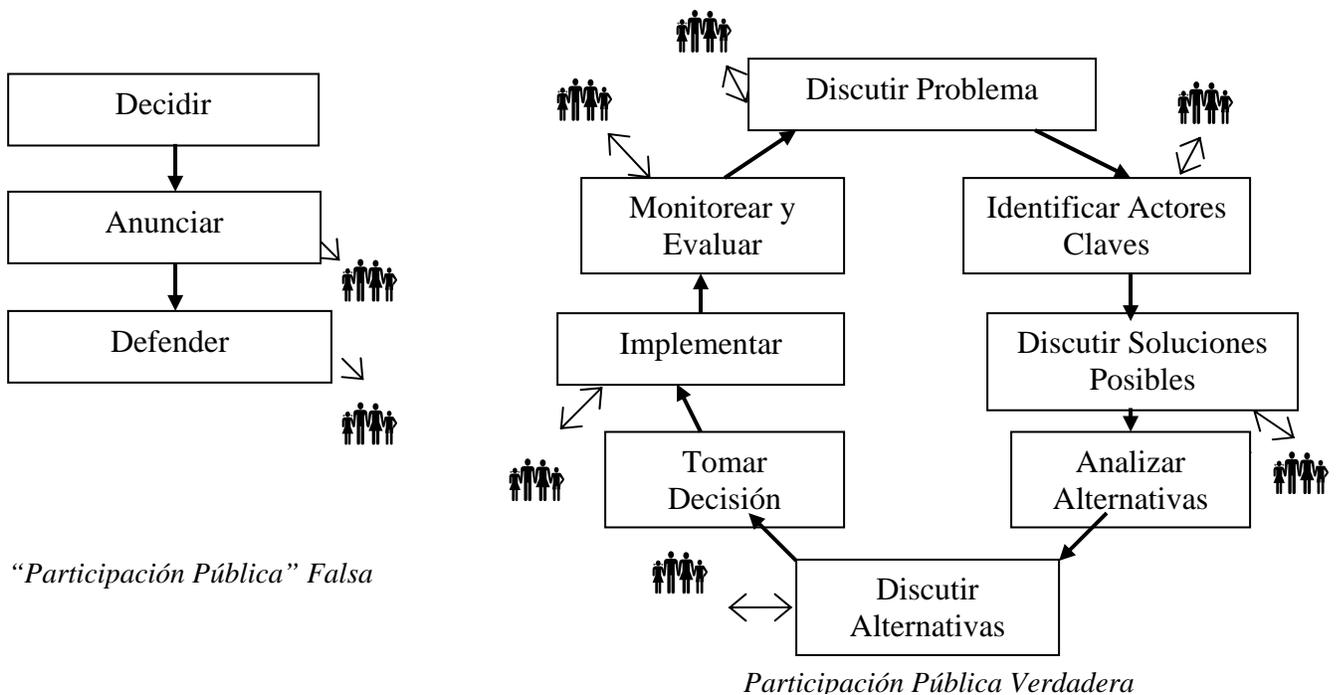
- Capacitar a los encargados del municipio en manejar el programa de educación comunitaria
- Capacitar a los maestros en temas de manejo de aguas residuales para que ellos sean agentes multiplicadores en sus escuelas.
- Organizar charlas dirigidas a las amas de casa, quienes son las promotoras de cómo hacer las cosas en sus casas.
- Realizar y difundir material educativo (panfletos, videos, boletines, mensajes por radio, informativos, etc.)

*El reto de cambio de aptitudes y prácticas de la población, es un proceso que debe enfrentarse con educación formal e informal, a través de programas educativos y la movilización de las fuerzas vivas del municipio.*

Un programa educativo efectivo hará que los miembros de la comunidad vayan de una falta de conocimiento a un estado de interés, para luego de eso adoptar actitudes de cambios, hasta llegar a un cambio de actitud y comportamiento total.

### 5.2 Participación Pública Verdadera

Muchas veces, por falta de entendimiento del concepto de participación pública verdadera o por querer tomar decisiones rápidas, lo que es llamado “participación pública” es falso; este modelo se llama “decidir-anunciar-defender”<sup>30</sup>. El problema con utilizar este modelo es que el público no está involucrado en el análisis y toma de decisiones; por eso, las soluciones tienden a ser menos valiosas, y se incrementa la posibilidad de oposición a las soluciones.



**Figura 9 - Participación Pública Falsa Versus Verdadera**

Un programa de participación pública verdadera involucra al público desde el inicio, dando espacio al público para discutir el problema, identificar actores claves, discutir soluciones posibles, discutir y entender alternativas propuestas, implementar parte de las soluciones seleccionadas, y participar en el monitoreo y evaluación de las soluciones. Refiere a la Figura 9 y al Cuadro 20.

<sup>30</sup> *Decision-Maker's Guide to Solid Waste Management, Second Edition, US-EPA 530-R-95-023, Agosto 1995*

Es importante invitar e involucrar a todos los grupos claves afectados por el manejo de excretas y aguas residuales en el proceso de participación pública, incluyendo:

- los medios de comunicación
- el sector educacional
- el sector turístico
- instituciones a cargo de agua y salud
- grupos étnicos
- los agricultores
- los pescadores
- los niños
- las mujeres; es importante reconocer que las mujeres y hombres pueden tener prioridades y puntos de vista muy diferentes.

*En Trujillo, Honduras, planes para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales se pararon por discordia de la comunidad del sitio escogido.*

**Cuadro 20: Pasos en la Participación Pública Verdadera**

<i>Paso</i>	<i>Relación de Municipio con Público</i>
Discutir Problema	Ayudar al público a entender mejor el problema, sus impactos, y sus posibles soluciones. Estimular discusión sobre metas e intereses del público.
Identificar Actores Claves	Por medio de discusión, identificar líderes, actores claves, y grupos afectados. Considerar rol de género.
Discutir Soluciones Posibles	Estimular discusión sobre alternativas, incluyendo el “hacer nada”. Discutir consecuencias potenciales para diferentes grupos.
Analizar Alternativas	Después de la discusión pública, se hace un análisis técnico de los costos e implicaciones de las alternativas.
Discutir Alternativas	Presentar y dar oportunidad de discusión sobre los resultados del análisis de alternativas.
Tomar Decisión	Explicar donde, cuando, y quienes tomarán la decisiones. Explicar criterios y consideraciones en la toma de decisiones.
Implementar	Coordinar participación del sector público en la implementación de soluciones.
Monitorear y Evaluar	Establecer procesos formales de evaluación, con oportunidades de participación de actores claves y el público.

Adaptación de modelo “Issue-Evolution-Educational Intervention (IEEI)”<sup>31</sup>

<sup>31</sup> *Decision-Maker’s Guide to Solid Waste Management, Second Edition*, US-EPA 530-R-95-023, Agosto 1995

## CAPITULO 6: Aspectos Financieros

La prestación de un buen servicio y la habilidad de poder expandir el servicio para lograr una cobertura general depende del buen manejo financiero, y específicamente de tres puntos importantes:

- **establecer un buen manejo financiero** con una contabilidad aparte, para el sistema de manejo de aguas residuales. Se debe incluir los costos totales (directos e indirectos) que la municipalidad esta incurriendo al ofrecer los servicios de aguas residuales.
- **establecer tasas y tarifas que cubren los costos** de operación, mantenimiento, y, preferiblemente el capital invertido en la construcción del sistema; la realidad es que la mayoría de los fondos que existen para construcción son de calidad de préstamo, y no se puede conseguir un préstamo sin recuperar los costos con tasas y tarifas.
- **implementar una planificación eficiente del diseño, construcción, funcionamiento, y financiamiento de los servicios** que se prestan.

*En Escuintla, Guatemala, un alcalde quitó la tarifa del agua, y por eso no hubo fondos para la cloración de agua potable. A este alcalde y varios más, les siguió juicio por enfermedades y muertes causadas como el resultado del agua contaminada. Similarmente, comunidades cuenca abajo podrían seguir juicio a los que están cuenca arriba por contaminar el recurso del agua. Se debe considerar que tarifas inadecuadas tienen un alto costo en la salud y el medio ambiente.*

### 6.1 Instrumentos de Manejo Financiero

Las municipalidades cuentan con una serie de instrumentos legales, que varían dependiendo de ellas, y que les sirven de base para el manejo financiero y operacional de los servicios públicos:

**Ordenanzas Municipales:** La mayoría de municipalidades cuentan con ordenanzas reguladoras que sirven para determinar el cobro de los servicios que prestan. Estas pueden ser modificadas por decisión del Consejo Municipal de acuerdo a la necesidad.

**Presupuesto Municipal:** Se compone de las diferentes Partidas Presupuestarias en las cuales se detallan todos los ingresos y egresos que la municipalidad tendrá en el siguiente año. Este se aprueba al inicio del año y se modifica solo por decisión del Consejo o Corporación Municipal. Se debe liquidar al final de cada año fiscal.

**Partidas Presupuestarias:** En ellas se determinan todos los costos del sistema, y ningún gasto puede efectuarse si no está previamente contemplado en una partida presupuestaria. El presupuesto debe estar totalmente equilibrado en cuanto a los ingresos y egresos para que el sistema disponga de fondos suficientes para cubrir sus necesidades.

**Sistema Administrativo:** Toda administración eficaz y eficiente debe tener un Sistema Administrativo establecido. Este debe contar con sus respectivos manuales de funciones y responsabilidades, perfiles de personal, organigra-

ma, definición de responsabilidades, etc. Cada municipalidad debe tener su propio Sistema Administrativo, de acuerdo a la misma municipalidad.

**Sistema de Cobro:** Basándose en los servicios que presta y a los impuestos aprobados, cada municipalidad debe contar con su propio sistema de cobros: recibos propios, cobradores, un servicio básico para efectuar el cobro, etc.

El cobro de los servicios prestados a través del recibo de agua, en conjunto con mecanismos legales para el corte de servicios si no se pagan, se ha empleado con éxito para reducir la morosidad.

**Catastro Actualizado:** Tener el Catastro actualizado es de suma importancia pues es la base para un control eficiente de los cobros por servicios e impuestos municipales.

**Sistema Contable:** El objetivo primordial de este sistema es llevar el control de todos los gastos de todas las operaciones que se realizan en el municipio en un determinado año fiscal, y que han sido previamente aprobadas e incorporadas en el Presupuesto Municipal.

**Planificación de los Servicios:** Los Servicios Públicos deben ser planificados adecuadamente, es decir, debe de existir una planificación desde el diseño de ellos, construcción, forma y costos de operación, cobertura, mantenimiento, etc. La falta de una planificación adecuada de los servicios, produce casi siempre que se desconozca el costo real del sistema. Una planificación adecuada requiere de metas concisas sin omitir ningún detalle, pues es necesario demostrar a los usuarios de estos servicios, el costo y su relación con las tarifas de cobro por esos mismos servicios.

## 6.2 Opciones de Financiamiento de Construcción

Existen varios mecanismos para financiamiento de la construcción de la infraestructura necesaria para prestar servicios municipales, que se pueden utilizar en combinación:

**Financiamiento Directo por Usuarios:** Es una política recomendable el exigir un pago de una porción del costo de construcción directamente por los usuarios. Un ejemplo para áreas urbanas, es exigir que nuevas urbanizaciones o construyan una red de alcantarillado con tratamiento de aguas residuales, o paguen una cantidad equivalente a un fondo para la provisión de este servicio por la municipalidad. Un ejemplo en áreas ru-

32

*“Ahora hay evidencias significativas que... las familias pobres y de bajos ingresos están dispuestos a pagar por recibir servicios de saneamiento a nivel domiciliario, aun las opciones más costosas, siempre y cuando los servicios respondan a sus necesidades específicas.”*

<sup>32</sup> EHP - Environmental Health Project, Mejoramiento el saneamiento en las ciudades pequeñas de América Latina y el Caribe; Metodología práctica para diseñar un plan de saneamiento sostenible, USAID, Washington DC, 2002

rales es el exigir que cada familia contribuya con la construcción de una fosa de absorción como condición de su conexión al sistema de agua potable. Una carta de compromiso de construcción de una fosa de absorción utilizado con éxito en áreas rurales de El Salvador se incluye en el Anexo 4. Es importante tener mecanismos que permiten el pago de cuotas por un tiempo hasta alcanzar el pago total.

**Financiamiento Con el Uso de Micro-créditos Para Hogares:** En Honduras, India, Bangladesh, y Pakistán, se ha utilizado el micro-crédito como fuente de financiamiento de sistemas de saneamiento domiciliario. El uso de intermediarios micro-financieros especializados para proveer el crédito requerido para implementar los servicios de agua potable y saneamiento es una estrategia que se debe considerar para mejorar la cobertura de servicios en áreas de bajos ingresos, sean urbanas, peri-urbanas, o rurales.<sup>33</sup>

**Financiamiento Directo por La Municipalidad:** Es decir, las municipalidades utilizan recursos propios para estas inversiones, y planean su recuperación a través del cobro de dichos servicios. Para ello, es necesario tener con claridad el costo por la prestación de los servicios, a los cuales se le adiciona una cuota de recuperación por la inversión realizada. Para implementar esta recuperación, es necesario calcular la recuperación de la inversión en un plazo no mayor de la vida útil de la inversión.

**Financiamiento por Medio de Transferencias:** Generalmente las transferencias directas provenientes del Gobierno Central tienen carácter de “no reembolsables” y son de dos tipos:

- aportes provenientes del gobierno central a la municipalidad para un fin específico; estas transferencias son para una inversión específica y necesaria y cuyo resultado final es la prestación de un servicio, tales como la construcción de un mercado, el arreglo o pavimentación de una carretera, el alumbrado público de una calle, etc. Aunque sean de carácter “no reembolsable”, es necesario buscar la recuperación de esa inversión.
- transferencias dadas a las municipalidades en cumplimiento a una Ley, y provienen del Presupuesto General de la nación en forma de un porcentaje de los ingresos corrientes del estado. El uso de estos fondos es a discreción de las municipalidades de acuerdo a la priorización de sus inversiones. También es necesario aclarar que la ley especifica el porcentaje de esos fondos que deben utilizarse para inversiones y para cubrir gastos corrientes de la municipalidad.

*El banco SEWA (Asociación de mujeres auto-empleadas por sus siglas en inglés) en Ahmadabad, India, tiene una buena práctica en financiamiento de letrinas y alcantarillado por medio de pagos por cuotas adelantados por los usuarios. El banco pone el dinero de las cuotas en una cuenta; los usuarios tienen la garantía de que si no se construye el proyecto el banco les devolverá la plata.*

<sup>33</sup> EHP - Environmental Health Project, Mejoramiento el saneamiento en las ciudades pequeñas de América Latina y el Caribe; Metodología práctica para diseñar un plan de saneamiento sostenible, USAID, Washington DC, 2002

**Financiamiento por Medio de Préstamos:** Algunas municipalidades cumplen con las características requeridas por los bancos locales para la obtención de financiamiento, y pueden hacer uso de ello para llevar adelante la construcción de infraestructuras necesarias para servicios públicos.

En este caso, la recuperación de la inversión debe planificarse de acuerdo al plazo estipulado por la institución financiera para el pago de la deuda, más los intereses o costos financieros inherentes a dicho préstamo.

Es recomendable involucrar al sector privado desde el inicio, para que estén sensibles que la inversión se hace para aliviar sus necesidades de una manera eficaz y eficiente, y que están pagando el precio justo por dicho servicio.

**Financiamiento Externo:** Existen instituciones de cooperación externa que apoyan el desarrollo de estos países, y que financian por medio de fondos “no reembolsables” o financiamientos baratos o de bajo costo, los cuales son por lo general a largo plazo, la construcción de obras para servicios públicos.

Para efectuar alguna gestión financiera con cualquiera de estas instituciones, es necesario preparar un proyecto en firme para financiar. Normalmente esta institución exigirá, entre otros requisitos, la sustentabilidad, el mantenimiento y la recuperación de la inversión, para lo cual la municipalidad debe de demostrar que cumplirá con esas condiciones.

En caso de que la institución solicite “garantía soberana” por parte del estado, es necesario que dicho financiamiento sea aprobado por la Asamblea Legislativa y garantizado por las finanzas del Estado.

**Financiamiento por Medio de Concesiones o Terciarización:** Algunas veces, el municipio puede “concesionar” o “terciarizar” un servicio, estableciendo un contrato en el cual el concesionario hace la inversión necesaria, para ese determinado servicio, con sus propios fondos, de acuerdo a un diseño establecido en común con la municipalidad, y opera el servicio, es decir recupera su inversión en un período y con tarifas que se han previamente establecido en el contrato de concesión.

### ***6.3 Opciones de Financiamiento de Operación***

Los costos de operación del sistema, se pueden cubrir internamente por la municipalidad, por medio del sector privado, o por recursos mixtos.

**Recursos de la Municipalidad:** Por lo general, cuando los sistemas operan directamente por la municipalidad, se encuentra que se desconoce el costo del servicio y los servicios están subsidiados. La formación de una corpora-

ción municipal puede facilitar la eficiencia del manejo, y otra opción es contratar operación por el sector privado.

**Recursos del Sector Privado:** El sector privado está interesado en participar en la prestación de los servicios municipales, siempre y cuando le represente un beneficio a su inversión. Financiamiento de operación por el sector privado implica operación del sistema por ello; por medio de concesión o franquicia.

**Recursos Mixtos:** Con la formación de una sociedad mercantil de economía mixta, se puede financiar la operación, y también las inversiones de capital, del sistema integral de manejo de aguas residuales con capital accionario de la municipalidad y del sector privado.

Sean recursos administrados por la municipalidad o por el sector privado, son las tarifas que deben cubrir los gastos de operación del sistema.

#### **6.4 Tarifas**

Para establecer las tarifas por los servicios públicos prestados, es necesario conocer cuanto se debe de cobrar a cada domicilio, comercio o industria por la prestación de los servicios. La tarifa debe cubrir todos los costos que se involucran en la prestación de un servicio, y por supuesto no debe de generar pérdida.

La tarifa debería cubrir, por lo mínimo, los costos de los siguientes rubros:

- Sueldos y salarios de personal
- Costo de transporte (gasolina, reparación, depreciación de equipos, compra de nuevos equipos, etc.)
- Costo de operación y monitoreo del sistema de recolección y disposición (incluyendo análisis de calidad de agua)
- Participación pública y educación comunitaria
- Planificación, diseño, y búsqueda de financiamiento para infraestructura
- Mantenimiento de infraestructura (edificios, caminos, etc.)
- Otros gastos administrativos (cobro de tarifas)
- Morosidad (nunca 100% paga por el servicio; los que pagan tienen que cubrir todos estos costos)

Idealmente, la tarifa también cubriría costos de:

- Financiamiento (capital e interés) de infraestructura
- Imprevistos
- Ganancias (si es que el sector privado provee el financiamiento)

El costo de los servicios no debe ser una tasa encontrada por prueba y error, si no por cálculo de los costos a cubrir, multiplicado por el estimado porcentaje de residuos generados por cada usuario. Un buen sistema de tarifas toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Buena contabilidad: se debe mantener una contabilidad separada para el servicio de manejo de aguas residuales, incluyendo los gastos antes mencionados.
- Información sobre usuarios actualizados: como mínimo, se debe actualizar el catastro cada cinco años, e idealmente cada dos años.
- Cobro de sector privado de acuerdo a generación de aguas residuales: la manera más sencilla de estimar la generación de aguas residuales es de cobrar por uso de agua potable, estimando que las aguas residuales se generan en proporción al uso de agua potable.
- Subsidios al sector de bajo estatus socio-económico: La realidad de algunos municipios Centroamericanos es que algunas familias no tienen los ingresos necesarios para pagar servicios básicos municipales. Encuestas dirigidas a los usuarios pueden determinar el monto medio que pueden pagar. Se puede establecer políticas de reducir las tarifas para el sector de nivel socio-económico bajo. Se debe calcular la tarifa de los otros residentes tomando en cuenta estos subsidios. Es importante limitar altas tasas de subsidios, para no crear un sistema no-sostenible, con incentivos económicos implícitos de servir a sectores de alto nivel socio-económico y no a los de bajo nivel socio-económico.

## ANEXOS

### 1 - Recursos Técnicos

#### *Guías sencillas, en español:*

Estas guías sencillas se recomiendan para educación comunitaria y re-uso de aguas:

- Manejo de los Desechos Sólidos y Líquidos, Volumen 2, Proyecto Agua, USAID, Consorcio CARE - SalvaNATURA - FUNDAMUNI, SACDEL, San Salvador, 2001
- Entonces ... Ahora Usted Tiene un Sistema Séptico, National Small Flow Clearinghouse, Agencia de Protección de Medio Ambiente, EEUU (US-EPA), [www.nsfrc.wvu.edu](http://www.nsfrc.wvu.edu)
- Guía Informativa Sobre Tratamiento de Aguas Negras, USAID, San Salvador, Oct. 2000
- Guía Informativa Sobre Sistemas Pequeños de Tratamiento de Aguas Negras, USAID, San Salvador, Octubre 2000
- Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial; Guía para la Formulación de Proyectos, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS y CEPIS, Lima, 2002

#### *Información Técnica:*

El listado limitado de información técnica representa la lista de recursos claves que los autores recomiendan para una biblioteca técnica sobre los temas en este manual:

- Alcantarillado de flujo decantado, Ministerio de Desarrollo Económico, República de Colombia, Octubre 1995
- Depuración de Aguas Residuales Prof. Dr. Ing. Aurelio Hernández Muñoz. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Madrid, España, 4ta. Edición Abril 1998
- Emergencias y Desastres en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento: Guía Para una Respuesta Eficaz, Organización Panamericana de la Salud (OPS), Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), OPS, 2001
- Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización, Metcalf & Eddy, Editorial McGraw Hill México 1996
- Lagunas de Estabilización para Tratamiento de Aguas Negras: Las Experiencias de Honduras, Nicaragua, El Salvador y Guatemala, Stewart Oakley, Universidad Estatal de Chico, California, Agosto 1998
- Lagunas de Estabilización, Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento Fabián Yáñez Cossío Ph. D. Empresa Publica Municipal de Teléfono, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca, Ecuador Junio 1993
- Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Agua Residual Aurelio Hernández Lehmann. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Madrid, España Oct. 1997
- Sistemas de Lagunas de Estabilización, Sérgio Rolim Mendonça, McGraw Hill, Colombia, 2001

## 2 - Ejemplos de Proyectos Centroamericanos

No hay comparación a lo que se puede aprender de la experiencia de otros. La lista de proyectos ejemplares incluidos aquí representa una variedad de experiencias de ciudades de diferentes tamaños, con soluciones variadas. Es difícil encontrar proyectos que sirvan a toda la ciudad, con modelos institucionales buenos, tecnologías apropiadas, que estén funcionando bien continuamente, financiamiento sustentable, y buena participación comunitaria, así que la mayoría de los proyectos ejemplares abajo carecen de una o más de estas características, pero todos tienen algún aspecto ejemplar o replicable, descrito en el cuadro.

<i>Municipalidad</i>	<i>País</i>	<i>Población Servida</i>	<i>Resumen de aspectos claves replicables del tratamiento de aguas residuales</i>
Choloma	Honduras	8,402 viviendas	Lagunas
Choluteca	Honduras	3,848 viviendas	Lagunas. Operado por una corporación municipal: Aguas de Choluteca.
Estelí	Nicaragua	40,000 habitantes (aproximadamente 6,600 viviendas)	Tres módulos paralelos de lagunas facultativas (primaria y secundaria). El sistema es administrado y operado por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).
Jocotillo	El Salvador	600 viviendas	Alcantarillado tradicional. Laguna facultativa con re-uso de aguas. Centro de visitas. Inaugurado Febrero 2003.
La Unión	El Salvador	75 viviendas	Filtros de arena con recirculación de tratamiento 2° con re-uso de agua en una cancha de fútbol.
Masaya	Nicaragua	1000 habitantes (aproximadamente 160 viviendas).	Consiste en un Tanque Imhoff y 4 biofiltros en paralelo (“Subsurface flow wetland SFW”), sembrados con diferentes plantas de pantano. El efluente tiene una excelente calidad (< 10 mg/L de DBO y entre 25 – 35 mg/L de DQO). El sistema esta administrado por el Proyecto BIOMASA – UNI, con fondos de la Cooperación Técnica Austriaca, con ENACAL como contraparte.
Ocotal	Nicaragua	4,200 habitantes (aproximadamente 700 viviendas)	Nueve (9) módulos de fosas sépticas de doble cámara, seguidas de filtro anaeróbico de flujo ascendente. Sólo se encuentran en operación de módulos. El sistema es administrado y operado por la ENACAL.
Puerto Barrios	Guatemala	35 viviendas	Alcantarillado sin arrastre de sólidos con dos plantas piloto dentro de un área urbana. Filtros de arena con recirculación de tratamiento 2°.
San Juan Talpa	El Salvador	600 viviendas	Filtros biológicos con flujo por gravedad. Operado por la municipalidad.
San Rafael	El Salvador	80 viviendas	Alcantarillado descentralizado. Dos procesos: 1) filtro biológico y 2) humedales con re-uso de aguas y lodos. Centro de visitas.
Suchitoto	El Salvador	10,000 habitantes (~ 2000 viviendas)	Filtros biológicos con flujo por gravedad. Operado por EMASA: Empresa Municipal Administrador Suchitoto de Acueductos y Alcantarillados. Alumbrado para la caseta es por paneles solares.

### 3 - Modelo Carta de Compromiso de Beneficiario de Agua Para Construcción de Fosa de Absorción

Yo; \_\_\_\_\_ con cédula de identidad personal No. \_\_\_\_\_ del grupo de trabajo No. \_\_\_\_\_ del sub proyecto de Fosas de Absorción para el tratamiento domiciliario de las aguas residuales del Caserío \_\_\_\_\_, y como beneficiario(a) del mismo, **me comprometo** ante el (organización donante) \_\_\_\_\_, y comité de agua, a realizar las siguientes actividades para la construcción de mi foso resumidero:

1. Construir por mi propia cuenta el foso (hoyo) del resumidero, de acuerdo a los lineamientos proporcionados por los técnicos responsables.
2. Proporcionar un ayudante al albañil en todo el proceso que requiera la construcción del foso resumidero.
3. Realizar el acarreo de materiales desde el centro de acopio a mi hogar.
4. Proporcionar materiales locales (agua, piedra, otros) que sean necesarios y en todo caso cumplir con los materiales especificados en el Convenio de este sub proyecto.
5. Devolver los materiales sobrantes después de construido mi foso resumidero.
6. Asistir y recibir las capacitaciones sobre el uso y mantenimiento correcto del foso.
7. Darle el uso y mantenimiento correcto para que no genere malos olores o criaderos de insectos, que perjudiquen la salud de mi hogar y la de mis vecinos de la comunidad.
8. Si por motivos personales no pudiese realizar la construcción de mi fosa en el tiempo estipulado, me comprometo a devolver los materiales o pagar su equivalente.
10. Me comprometo a reponer aquellos materiales que se me asignaron y se perdieron.

Después de lo dispuesto anteriormente, doy fe con mi huella o firma, a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_, en el Caserío \_\_\_\_\_, Cantón \_\_\_\_\_ del Municipio de \_\_\_\_\_, Departamento de \_\_\_\_\_.

---

Nombre del Beneficiario

Nombre del Miembro de  
Comité de AGUA

Organización Donante



Este formulario fue desarrollado bajo el proyecto:  
AGUA, CONSORCIO CARE - *Salva*NATURA - FUNDAMUNI - SACDEL  
USAID, El Salvador

#### 4 - Diccionario de Términos de Aguas Residuales

<i>Término en Español</i>	<i>Definición</i>	<i>Término en Inglés</i>
Acuicultura	Conjunto de técnicas de aprovechamiento de los recursos acuáticos marinos o fluviales (animales y vegetales).	Aquaculture
Afluyente	Se entiende como el caudal de agua que entra de una unidad de tratamiento o del sistema de tratamiento	Influent
Aglomerante	Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias, para dar cohesión al conjunto por efectos de tipo exclusivamente físicos.	Coagulant
Aguas grises	Es el agua residual producida de lavaderos, duchas, pilas, etc. su característica principal es que contiene grandes cantidades de jabón.	Grey water
Aguas negras	Estas son las producidas en los inodoros y mingitorios contienen sólidos y elementos patógenos que son expulsados por el cuerpo humano.	Domestic wastewater
Aguas Residuales	Es el agua que se genera después de ser utilizada por el ser humano, ha esta se le ha agregado una serie de contaminantes nocivos para la salud y el ambiente.	Wastewater
Aguas Residuales Domesticas	Líquidos provenientes de viviendas y edificios comerciales e institucionales, que son conducidos por medio de una red de drenaje hacia una planta de tratamiento, preferiblemente.	Domestic wastewater
Aguas Residuales Municipales	Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y preferiblemente tratados en una planta de tratamiento municipal.	Municipal wastewater
Aguas Servidas	Otra palabra que significa aguas residuales.	Wastewater
Aminoácido	Sustancia química orgánica en cuya composición molecular entra un grupo amínico y otro carboxílico.	Amino acid
Bacteria	Organismo unicelular, microscópico que no necesitan luz para sus procesos de vida.	Bacteria
Biodegradable	Sustancias susceptibles de sufrir procesos en los cuales los compuestos químicos son destruidos por la acción por la acción de organismos vivos.	Biodegradable
Biomasa	Masa del conjunto de organismos que viven en un medio determinado.	Biomass
Bioquímica	Ciencia que estudia la estructura química de los seres vivos y los fenómenos que acompañan las diversas manifestaciones de la vida.	Biochemical
Cajas de Registro	Tiene la misma función que un pozo de visita, la diferencia es que esta se utiliza para alturas menores de 1.00 metro. Generalmente las construyen con bloque pómez, aunque también se utiliza el ladrillo tayuyo, como lo indica su nombre son estructuras cuadradas de 1.00 metro de longitud a rostro interno.	Access hole
Cloacas	Termino con el cual se le conoce a las Aguas Residuales o Aguas Servidas	Sewage
Comensalismo	Seres vivos que viven y se alimentan junto a otros sin daño para éstos.	Symbiosis
Condiciones Eutróficas	Condiciones en un cuerpo de agua caracterizada por una cantidad grande de algas, transparencia del agua bajo, cero oxígeno disuelto en las capas profundas en el verano, y grandes depósitos orgánicos de color marrón o negro.	Eutrophic conditions

<i><b>Término en Español</b></i>	<i><b>Definición</b></i>	<i><b>Término en Inglés</b></i>
Conexiones Domiciliarias	Estas unidades sirven para conectar las aguas residuales de la vivienda hacia el colector principalmente, generalmente se debe instalar una por vivienda y debe de colocarse en la calle, para permitir las inspecciones de rutina.	Household connections
Contaminación	La presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degraden la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general, conforme lo que establece la ley.	Contamination
Contaminación Ambiental	Degradación del ambiente causada por el vertimiento de productos tóxicos, provocados por la actividad humana.	Environmental contamination
Control Ambiental	La fiscalización, seguimiento y aplicación de medidas para la conservación del ambiente.	Environmental management
Cuerpo Receptor	Accidente geográfico en el cual son vertidas las aguas residuales.	Receiving water body
DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno	Una medida de contaminación orgánica. El método mide la cantidad de oxígeno disuelto requerido para que microorganismos oxiden materia orgánica en un período de tiempo (normalmente 5 días) a 20°C	BOD: Biochemical Oxygen Demand
DQO: Demanda Químico de Oxígeno	Una medida de contaminación orgánica. El método aplica una reacción química a temperatura elevada, y demora aproximadamente 3 horas.	COD: Chemical Oxygen Demand
Desarrollo Sustentable	Es el mejoramiento de la calidad de vida de los presentes generaciones, considerando los impactos sociales, económicos, y ambientales de nuestras acciones, sin menoscabo del la calidad de vida de futuras generaciones.	Sustainable development
Efluente	Se entiende como el caudal de agua que sale de una unidad de tratamiento o del sistema de tratamiento	Effluent
Estudio de Impacto Ambiental	Es el estudio técnico, interdisciplinario, que describe las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Esta destinado a identificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que la actividad puede causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.	Environmental Impact Study (EIS)
Eutroficación	Un proceso de envejecimiento de un lago, a veces natural, pero a veces el impacto negativo de actividad humana. El agua es enriquecida de material orgánica, el lago se llena de plantas acuáticas, se transforma en swampo y eventualmente a tierra seca.	Eutrophication
Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Se entiende por Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) el instrumento de política y gestión ambiental formado por el conjunto de procedimientos estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el ambiente. <sup>34</sup>	Environmental Impact Assessment (EIA)
Excrementos	Excremento del tracto gastrointestinal, consistiendo de residuos de la digestión alimentaria y acción bacteriológica.	Excrement
Fango	Otra palabra utilizado igual a lodos (e.g. “fango activado”).	Sludge
Fecal	De, o relacionado a, excrementos.	Fecal

<sup>34</sup> <http://www.eco90antofagasta.cl/glosario.html>

<b><i>Término en Español</i></b>	<b><i>Definición</i></b>	<b><i>Término en Inglés</i></b>
Fermentar	Proceso químico producido por la acción de un fermento, que aparece íntegramente al final de la serie de reacciones químicas sin haberse modificado.	Ferment
Gestión Pública Ambiental	Todas las actividades o mandatos legales que realiza o ejecuta el Estado o las municipalidades en relación al medio ambiente con consecuencia o impacto en el mismo.	Public Environmental Administration
Helminto	Gusano parásito del intestino del hombre y de los animales.	Helminthes
Hidráulico	Operado, movido o efectuado por medio del agua.	Hydraulic
Hidrolizar	Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, ya por exceso de agua o por la presencia de una cantidad de fermento o de ácido.	Hydrolyze
Impacto Ambiental	Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocados por acción humana o fenómenos naturales en un área de influencia definida.	Environmental impact
Infiltración	Entrada de agua subterránea al sistema de recolección a través de uniones de tubería, paredes de las alcantarillas, y tubería vencida.	Infiltration
Inhibidor	Proceso o elemento que disminuye la velocidad de una reacción.	Inhibitor
Lodos	Se conoce como lodos a todas las partículas sólidas existentes en las aguas residuales y que han sido sedimentadas por medio de un proceso de tratamiento físico.	Sludge
Lodos Activados	Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas floc, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El floc absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la DBO5 fluctúa entre el 60 y el 85 por ciento. <sup>35</sup>	Activated sludge
Manto Freático	Agua subterránea que alimenta los pozos y que a su vez se alimenta con la infiltración del agua lluvia en las diferentes capas de suelo.	Groundwater
Material Coloidal	Material formado por procesos químicos de partículas pequeñas (milimicras a decimicras) que existen en el agua residual.	Colloidal material
Medio Ambiente	El sistema de elementos bióticos (organismos vivos), abióticos (minerales, suelos), socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en la que viven, determinando su relación y sobre vivencia, en el tiempo y el espacio.	Environment
Metabolizar	Conjunto de reacciones bioquímicas que se producen en todo se vivo mediante las cuales se elaboran ciertas sustancias o se degradan liberando energía.	Metabolize
Natas	Sustancia espesa de líquidos que sobrenada en ellos.	Floating material

<sup>35</sup> "Depuración de aguas," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*. © 1993-1999 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

<i><b>Término en Español</b></i>	<i><b>Definición</b></i>	<i><b>Término en Ingles</b></i>
Oxidación	Fijación de oxígeno por un elemento o pérdida de electrones por este elemento.	Oxidation
OD: Oxígeno Disuelto	Una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en una muestra de agua. Es preferible tomar esta medida in situ.	DO: Dissolved Oxygen
Patógenos	Microorganismos que originan y desarrollan las enfermedades.	Pathogens
Permiso Ambiental	Acto administrativo por medio del cual el Ministerio del Medio Ambiente, de acuerdo a la Ley del Medio Ambiente y su Reglamento, a solicitud del titular de una actividad, obra o proyecto, autoriza a que éstas se realicen, sujetas al cumplimiento de las condiciones que este acto establezca.	Environmental Permit
Pozo de Absorción	Elemento estructural construido para infiltrar el agua al subsuelo.	Absorption pit
Pozos de Visita	Son las estructuras de registro más conocidas y utilizadas. Son cilíndricas en la base y cónicas en la parte superior.	Manholes or Maintenance holes
Quistes	Una etapa en la ciclo de vida de los protozoos.	Cysts
Recursos Naturales	Elementos naturales que el hombre puede aprovechar para satisfacer sus necesidades económicas, sociales y culturales.	Natural resources
Registros	Los registros son estructuras construidas en el sistema de alcantarillado tienen varias funciones: unir la tubería en boca calles, acceso para inspecciones a los drenajes y acceso para mantenimiento y limpieza de los sistemas. Estas estructuras se deben de colocar a una distancia no mayor de 100 metros de diferencia entre cada uno.	Manholes or Maintenance holes
Saneamiento	Los principios y prácticas de la higiene relacionada con la recolección, eliminación o desecho seguro de los excrementos humanos y las aguas servidas.	Sanitation
Séptico	Podrido, de mal olor, anaeróbico	Septic
Silvicultura	Cuidado de los bosques orientado a obtener el máximo rendimiento sostenido de sus recursos y beneficios; comprende la conservación de hábitats naturales, y la protección de cuencas hidrográficas.	Forestry
Sostenibilidad	Es el aspecto de una actividad que se haya diseñado para considerar sus impactos sociales, económicos, y ambientales y que cumple con sus metas porque tiene forma de mantenerse económicamente e institucionalmente.	Sustainability
SS: Sólidos Sedimentables	Los sólidos (ml/L) de tamaño y peso suficiente para asentarse cuando se dejan reposar durante un tiempo.	SS: Settleable Solids
ST: Sólidos Totales	La cantidad de sólidos (mg/L) que se encuentran en una muestra de agua después de su evaporación a 103-105°C.	TS: Total solids
SST: Sólidos en Suspensión Totales	La cantidad de sólidos (mg/L) que se encuentran en un filtro por la cual se ha pasado el contenido de una muestra de agua y después evaporar lo que queda en el filtro a 103-105°C.	TSS: Total Suspended Solids
Virus	Agentes microscópicos infecciosos causantes de muchas enfermedades.	Virus
Zona de Recarga Acuífera	Lugar o área en donde las aguas lluvias se infiltran en el suelo, las cuales pasan a formar parte de las aguas subterráneas o freáticas.	Recharge zone

## *¿Qué es PROARCA/SIGMA?*

Administrado por **ARD**, **PROARCA/SIGMA** (Sistemas de Gestión para el Medio Ambiente) es uno de los cuatro componentes que integran el **Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PROARCA)**, programa financiado por la **Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)**. Como un apoyo a la agenda de la **Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)**, uno de los objetivos de **PROARCA** consiste en realizar acciones para mejorar el manejo ambiental en el **Corredor Biológico Mesoamericano (CBM)**.

Sabemos que la deforestación, el manejo inadecuado de desechos sólidos, el uso inapropiado de agroquímicos y el desecho de aguas residuales municipales e industriales río arriba, afectan los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana río abajo. Ante esa realidad, la meta de **PROARCA/SIGMA** es que municipalidades y el sector privado de la región incrementen el uso de prácticas y tecnologías menos contaminantes. Asimismo, busca reducir los efectos negativos, directos o indirectos, sobre el **Corredor Biológico Mesoamericano (CBM)**, específicamente en aquellos territorios cuyas cuencas finalmente desembocan en cuatro áreas transfronterizas claves para la región: Golfo de Honduras, Costa Mosquitia (Honduras y Nicaragua), Golfo de Fonseca y La Amistad-Cahuitta-Río Cañas (Costa Rica y Panamá).



**PROARCA/SIGMA**  
Sistemas de Gestión para el Medio Ambiente (SIGMA),  
proyecto USAID-CCAD, administrado por ARD  
4 Avenida 17-09 zona 14. Guatemala, Guatemala.  
Tel: (502) 337-2906. Fax: (502) 368-3423.  
[www.proarca.org](http://www.proarca.org)